

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет електроніки
Кафедра електронних приладів та пристроїв

До захисту допущено

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.

_____ Л.Д.Писаренко

« ____ » _____ 2019 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки **6.050802 – Електронні пристрої та системи**

на тему **«Електронна тростина для людей з вадами зору»**

Виконав:

Студент 4 курсу, гр. ДЕ-351

Котвицький О.В.

Керівник:

Старший викладач ЕП та П

Бевза О.М.

Нормоконтроль:

Доцент кафедри ЕП та П, к.т.н.

Чадюк В.О.

Рецензент:

Засвідчую, що у цій бакалаврській роботі
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ-2019

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки

Кафедра електронних приладів та пристроїв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (програма професійного спрямування) – 6.050802 –

Електронні пристрої та системи (Електронні прилади та пристрої)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.

_____ Л.Д.Писаренко

«____» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Котвицькому Олексію Васильовичу

1. Тема роботи «Електронна тростина для людей з вадами зору»

і керівник роботи старший викладач Бевза Олег Миколайович

затверджені наказом по університету від «27» травня 2019 р., № 1406-с

2. Термін подання студентом роботи : «____» _____ 2019р.

3. Вихідні дані до роботи: Пристрій має бути компактним, з автономним живлення, можливістю підзарядки від сонячної батареї.

4. Зміст роботи:

- Анотація;
- Вступ;
- Теоретична частина
- Конструкторсько-технологічна частина
- Список науково-технічної літератури.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

- структурна схема
- принципальна схема

6. Дата видачі завдання : 15.04.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд науково-технічної літератури по	20.03.2019	виконано
2	Дослідження фізико-математичної моделі	30.03.20189	виконано
3	Розробка структурної, функціональної, електричної принципової схеми.....	10.04.2019	виконано
4	Математична модель квазістаціонарних	25.04.2019	виконано
4	Методи київського інженерного розрахунку	10.04.2019	виконано
5	Оформлення графічної частини, пояснювальної записки, плакатів, підготовка доповіді	25.05.2019	виконано

Студент гр. ДЕ-351

О.В.Котвицький

Керівник роботи

О.М. Бевза

Р Е Ф Е Р А Т

«Електронна тростина для людей з вадами зору»

Бакалаврська робота напряму підготовки **6.050802** – «Електронні пристрої та системи» спеціалізації «Електронні прилади та пристрої». **Котвицький Олексій Васильович**. НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Факультет електроніки, кафедра електронних приладів та пристроїв. Група ДЕ-з51. – К.: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2019. – 72 с., іл. 28, табл. 3.

Ключові слова:

Короткий зміст роботи: Дана дипломна робота присвячена дослідженню ел. пристроїв виявленню перешкод, в ній представлено результати інженерних розрахунків для електронної тростини для людей з вадами зору.

У вступі сформульована головна задача роботи і показана її актуальність. В аналізі літератури представлений огляд ультразвукового далекоміра Ultrasonic ranging module HC-SR04 їх основні параметри та характеристики, та підтверджена перспективність їх розробки. В теоретичній частині приведені основні існуючі види системи виявлення перешкод, визначено основні функціональні напрямки використання, розроблено структурну схему системи, здійснено підбір обладнання та розрахунок основних параметрів електричної схеми та принципи їх роботи.

А Н О Т А Ц І Я

Дана дипломна робота присвячена дослідженню Електронної тростини для людей з вадами зору.

Робота складається із вступу, аналізу літератури, теоретичної частини, методики інженерних розрахунків та висновків. У вступі сформульована головна задача роботи і показана її актуальність. В аналізі літератури представлений огляд пристроїв ультразвукового далекоміра Ultrasonic ranging module HC-SR04, їх основні параметри та характеристики, та підтверджена перспективність їх розробки. В теоретичній частині приведені основні існуючі види ультразвукових датчиків та принципи їх роботи.

S U M M A R Y

This thesis is devoted to research of the Electronic cane for people with visual impairments.

The work consists of introduction, analysis of literature, theoretical part, methods of engineering calculations and conclusions. The introduction formulated the main task of the work and shown its relevance. The analysis of literature provides an overview of Ultrasonic ranging module HC-SR04 ultrasonic range finder, their main parameters and characteristics, and the promise of their development is confirmed. The theoretical part contains the basic existing types of ultrasonic sensors and the principles of their operation.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
1. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ПО ЕЛЕКТРОННІЙ СИСТЕМІ ВІЯВЛЕННЯ ПЕРЕШКОД.....	10
1.1. Теоретико-методологічні аспекти електронної системи виявлення перешкод	10
1.2. Датчик, як основний елемент електронних систем виявлення перешкод	13
1.3. Технічні тенденції розвитку електронних систем виявлення перешкод	23
Висновки та постановка завдання дослідження	29
2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	30
2.1. Технічні параметри розроблюваної електронної системи виявлення перешкод	30
2.2. Розробка та дослідження фізико-математичної моделі.....	30
2.3. Розробка структурної схеми електронної системи виявлення перешкод та підбір основних елементів	34
2.4. Розробка електричної принципової схеми електронної системи виявлення перешкод	42
2.5. Розрахунок електричного режиму та параметрів електронної системи виявлення перешкод	45
Висновки до розділу	52
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	53
3.1. Розробка схеми структурної установки для дослідження параметрів електронної системи виявлення перешкод.....	53
3.2. Методика експериментальних досліджень, порівняння отриманих результатів з розрахунковими параметрами	59
Висновки до розділу	60
4. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	62
4.1. Розробка плати друкованої електронної системи виявлення перешкод.	62
4.2. Технологічний процес виготовлення друкованої плати електронної системи виявлення перешкод	68

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ			
Зм	Арк	№ докум.	Підпи	Дат	Електронна система виявлення перешкод	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Іванов П.С						
Перевір		Петренко						
Реценз								
Н.		Жовнін						
Затверд		Писаренко				НТУУ «КПІ», ФЕЛ,		

4.3. Аналіз технологічності конструкції	75
Висновки до розділу	80
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ.....	81
5.1. Обґрунтування доцільності розробки і визначення технічної прогресивності електронної системи виявлення перешкод	81
5.2. Визначення показників економічного обґрунтування проектного виробу.....	83
5.3. Відпускна ціна і економічна ефективність проектного техніки, що має аналог	91
5.4. Календарне планування та побудова директивного графіка	93
Висновки до розділу	95
6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .	96
6.1. Аналіз умов праці	97
6.2. Характеристика приміщення.....	100
6.3. Розробка інструкції по техніці безпеки при експлуатації виробу	102
Висновки до розділу	103
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	104
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	106
ДОДАТОК А.....	109
ДОДАТОК Б	111

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГЛОНАСС	Глобальна Навігаційна Супутникова Система
ЕСВП	електронна система виявлення перешкод
ІС	інтегральна схема
ІЧ	інфрачервоний датчик
КЗ	коротке замикання
ПЗ	програмне забезпечення
ПК	персональний комп'ютер
ПК	персональний комп'ютер
GPS	Global Positioning System – Система глобального позиціонування

						Арк
						6
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

ВСТУП

Актуальність дослідження. На сьогоднішній день, питання впровадження робототехніки знаходить своє застосування у сфері послуг. По всьому світу сервісні роботи стали з'являтися в музеях, аеропортах, магазинах, лікарнях та інших в установах, де потрібні операції обслуговування. Такими операціями є переміщення предметів: товарів, ліків, тощо, патрулювання приміщення, рух з метою залучення уваги, надання інформаційних ресурсів, прибирання приміщень і т. д. В сегменті роботів для населення будуть все більш популярними машини, які надають безпосередню підтримку людині. Робот дозволяє не тільки дистанційно переміщатися в просторі, але і взаємодіяти з об'єктами.

Існуючі сервісні роботи функціонують тільки за допомогою телекерування, при цьому даний режим мало автоматизований. Датчики на борту робота, наприклад, інфрачервоні та ультразвукові далекоміри, забезпечують безпеку руху в статичному середовищі через заборону наближення до перешкод при телеуправлінні.

Однією з головних завдань у мобільної рухомої робототехніки є проблема виявлення перешкод як нерухомих, так і рухомих. Рішення такої задачі відкриває шляхи до розробки систем маршрутизації роботів. Як правило, для пересування по відомому маршруту використовуються системи глобального позиціонування. Однак такий спосіб не завжди достатньо надійний, оскільки має значну похибку по відношенню до розмірів самого робота, а в закритих приміщеннях і зовсім може не працювати. Для уточнення положення робота щодо інших об'єктів використовуються в основному системи технічного зору в оптичному діапазоні на основі стандартних відеокамер і відеокамер, що працюють в інфрачервоній частині спектра [1, 2]. Системи технічного зору дозволяють отримати більше інформації про оточуючі об'єкти, але в певних умовах цілком достатньо знати лише про присутність того чи іншого предмета на шляху руху робота.

						Арк
						7
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

У таких ситуаціях способом вирішення проблеми відносного позиціонування є використання датчиків різної фізичної природи. Дані системи можуть бути застосовані як у рамках конструкцій сучасних роботів так і для допомозі руху людини, наприклад, не зрячої, система подаватиме звуковий сигнал, у разі виникнення на шляху перешкоди.

Тому на сьогодні, актуальним питанням постає розробка електронної системи виявлення перешкод, що й посприяло при виборі теми дипломного проекту.

Мета та завдання дослідження. Метою даної дипломної роботи є розробка електронної системи виявлення перешкод з урахуванням сучасного рівня розвитку електроніки. При розробці необхідно задовольнити вимоги, описані в завданні на дипломний проект. Також слід прагнути створити компактний і зручний у використанні пристрій, який буде конкурентоспроможним в порівнянні з аналогами.

Для поставленої мети у роботі необхідно виконати низку завдань:

- здійснити огляд науково-технічної літератури за темою наукового дослідження;
- обґрунтувати вибір схеми електричної принципової;
- обґрунтувати вибір елементної бази;
- розкрити принцип роботи схеми електричної принципової;
- здійснити розрахунковий розділ;
- виконати проектування печатної плати;
- обґрунтувати вибір конструкції та виконати опис;
- здійснити проектування технологічного процесу складання і монтажу друкованого вузла;
- навести економічний розділ проекту;
- надати інструкції з охорони праці.

Об'єкт та предмет дослідження. Об'єктом роботи виступає електронна система виявлення перешкод.

						Арк
						8
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

Предметом є процес розробки електронної системи виявлення перешкод.

Методи наукового дослідження. Для вирішення поставлених завдань використовувалися як загальнонаукові, так і спеціальні методи наукового пізнання. Системний аналіз, дедуктивний та індуктивний методи використовувалися при визначенні суті понять «електронна система». Інформаційну базу дослідження складають чинні вітчизняні законодавчі та нормативно-правові акти, нормативно-методична документація.

Практичне значення отриманих результатів. Результати роботи можуть бути використані при розробці, встановленні та налаштуванні електронної системи виявлення перешкод.

Достовірність дослідження. При реалізації проекту було вивчено значне число літературних джерел, посібників і статей, що охоплюють обрану тематику. Повний їх список представлений в кінці проекту.

Структура дипломної роботи. Робота складається зі вступу, шести розділів, що включають в себе 15 підрозділів, висновків та списку літератури з 27 найменувань, загальний обсяг роботи 111 сторінок.

						Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		9

1. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ПО ЕЛЕКТРОННІЙ СИСТЕМІ ВИЯВЛЕННЯ ПЕРЕШКОД

1.1. Теоретико-методологічні аспекти електронної системи виявлення перешкод

Для більшості автономних мобільних платформ однією з актуальних задач є проблема розпізнавання та подолання перешкод. Рішення цієї проблеми є ключем до створення алгоритмів навігації робота в просторі, тобто аналізу навколишньої ситуації і вибору маршруту самим роботом без участі людини.

Представлені в літературі рішення [1-4] для орієнтації в просторі найчастіше засновані на наступних принципах:

- використання систем глобального позиціонування (GPS, ГЛОНАСС) і прив'язка до карті місцевості;
- використання систем машинного зору в оптичному діапазоні електромагнітного випромінювання (інфрачервоні камери, стандартні камери у видимій області спектра);
- використання різного роду датчиків відстані.

Основна проблема, що виникає при використанні систем на основі перших двох принципів – високе обчислювальне навантаження, пов'язане із завданнями обробки зображення від однієї або декількох камер, а також проблема аналізу відповідності поточних координат перешкодам, позначеним на карті місцевості. Крім того, системи глобального позиціонування, як правило, мають значну похибку в локальних умовах, а в закритих приміщеннях і зовсім можуть не працювати, що призводить до необхідності останніх обладнувати спеціальними засобами локалізації (активні маяки, мітки).

						Арк
						10
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

Електронна система виявлення перешкод (далі ЕСВП) – це сукупність технічних засобів та організаційних заходів, що дозволяють контролювати доступ до об'єктів ЕСВП.

В даний час, ЕСВП є одним з найбільш застосовних методів рішення задач виявлення перешкод. Дивлячись на швидке зростання інтересу до ЕСВП і перспективу широкого їх застосування в найближчому майбутньому, не слід забувати, що ЕСВП тільки спрощує процес ідентифікації, економить час і підвищує ефективність роботи служб безпеки організації, але, при цьому, все одно вимагає контролю з боку людини. Від рівня ймовірних загроз і поставлених перед системою завдань, залежить необхідність підбору оптимального співвідношення між людьми і технічними ресурсами системи.

Установка системи виявлення перешкод, що дозволить не тільки підняти рівень загальної безпеки, але і скоротити витрати на її забезпечення, оскільки ЕСВП не вимагають великої кількості персоналу для обслуговування, економічні в споживанні електроенергії.

Однак, велика кількість що випускаються в усьому світі ЕСВП і відсутність аналітичних даних щодо їх порівняннi, недолік інформації про функціональні, технічні і експлуатаційні можливості систем, несумлінність виробників, значно ускладнюють процес вибору ЕСВП, придатних для певних типів об'єктів. Відсутність досвіду у сфері використання ЕСВП серед покупців і відсутність фахівців вищого класу, здатних здійснювати установку і технічне обслуговування на високому рівні і в стислі терміни, призводить до помилок і недоліків, допущених в процесі проектування систем, порушень правил експлуатації, що в цілому, значно знижує ефективність та доцільність застосування ЕСВП. При цьому цілі, на досягнення яких направлені ці системи, залишаються єдиними [3].

Будь-яка ЕСВП призначена для того, щоб автоматично виявляти перешкоди на шляху певного об'єкта. ЕСВП дозволяє в будь-який час забезпечити контроль над ситуацією, порядок, безпеку користувача.

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		11

Спочатку ЕСВП з'явилися в зарубіжних країнах, які пішли по шляху створення саме систем виявлення перешкод. Пов'язано це було, в першу чергу, з тим, що в той час просто не існувало програмних засобів, які б надавали можливості для створення подібного роду систем. Контролерна ЕСВП – це сукупність апаратних, програмно-технічних засобів та організаційно-методичних заходів, за допомогою яких вирішується завдання контролю і управління відвідуванням окремих приміщень. При їх дійсному різноманітті всі вони працюють за єдиною схемою: обладнання (запірно-пропускний механізм, а також засоби – пристрій, призначений для зчитування (введення) ідентифікаційних ознак та ін), що підключається до контролера, який в свою чергу під'єднується до комп'ютера.

Технології ХХІ століття дозволили створити новий вид ЕСВП, який якісно відрізнявся від своїх попередників. Програмна ЕСВП – це сукупність програмно-технічних засобів автоматизації контролю виявлення перешкод.

Відповідно, при реалізації програмної ЕСВП такий проміжний етап як контролер виключається, і все обладнання підключається безпосередньо до комп'ютера, що дозволяє моментально отримувати і обробляти інформацію, складаючи різного роду звіти в режимі реального часу. Крім того, у програмній ЕСВП користувач може самостійно налаштовувати систему зі свого робочого місця. У разі пред'явлення специфічних вимог до системи програмна ЕСВП надає засоби для їх реалізації. Отже, головною відмінністю вищезазначених видів ЕСВП є наступне:

у контролерних ЕСВП інформація спочатку закладається в контролер, і тільки потім переноситься на ПК. Як правило, це відбувається вже *postfactum*.

У програмних ж ЕСВП безпосередній зв'язок устаткування з комп'ютером дає можливість отримувати і обробляти інформацію відразу ж у момент її надходження.

У разі реалізації контролерної ЕСВП всі зареєстровані події, всі коди ідентифікаторів зі списком прав кожного з них зберігаються в пам'яті

						Арк
						12
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

контролера. При цьому необхідно враховувати, що пам'ять контролера, незважаючи на сучасні технології, обмежена, час читання подій з пам'яті контролера при відновленні комплексного режиму може бути досить тривалим. При установці програмної ЕСВП вся інформація зберігається в пам'яті, відповідно, комп'ютера, і процедура внесення змін в систему набагато більш легко здійсненна. Оскільки контролер є окремим компонентом системи, то при виході його з ладу порушується безпека всієї системи, що створює додатковий фактор ризику для ЕСВП.

Розглянемо також питання про електроживлення ЕСВП. Професійні контролери, як правило, мають власний акумулятор, який підтримує працездатність контролера від декількох годин до декількох діб. При використанні простого автономного контролера без власного блоку живлення, необхідно придбати джерело безперебійного живлення, спеціально для цього призначене [4].

Таким чином, у разі відключення електрики контролеру потрібно додаткове живлення – будь-який контролер повинен мати акумулятор, що збільшує його вартість, або потрібно окреме джерело безперебійного живлення для контролера, що збільшує вартість всієї системи. У той час як наявність джерела безперебійного живлення для комп'ютера – це само собою зрозумілий факт.

1.2. Датчик, як основний елемент електронних систем виявлення перешкод

Широкий діапазон датчиків розділений на два основних класи. До першого класу відносяться пристрої, призначені для визначення порогового, граничного або приблизного миттєвого значення вимірюваної фізичної величини. До другого – пристрої, здатні проводити вимірювання фізичних величин із заданим ступенем точності. В цьому розділі будуть розглянуті

						Арк
						13
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

лише датчики, призначені для роботи з механізмами та пов'язаними з ними пристроями автоматизації. Крім цього, з даної тематики існує велика кількість спеціалізованої літератури, в якій описаний весь спектр таких пристроїв, які представлені в даний час на ринку. Ці пристрої повинні виконувати три основні функції, що представлені на рис. 1.1



Рисунок 1.1 – Функції датчиків

Величезна різноманітність технічних реалізацій цих функцій, необхідних задовольнити конкретним вимогам споживачів, змушує виробників безперервно розширювати модельний ряд пристроїв. Передові розробки компанії Schneider Electric в області проектування датчиків спрямовані на те, щоб спростити модельний ряд пристроїв не тільки не зменшивши функціональні можливості, але і навпаки – розширивши їх.

Функція виявлення є найбільш важливою, оскільки вона є першою ланкою в інформаційному ланцюгу виробничого процесу. В автоматизованій системі управління датчики забезпечують збір даних:

- реєстрацію відповідних величин за подіями, зазначеним у виконуваний програмі;
- реєстрацію відповідних величин протягом всіх етапів виробничого процесу згідно з виконуваною програмою.

Цілі виявлення досить різноманітні, тому перерахуємо лише основні з них: контроль присутності/відсутності або стану об'єкта; контроль

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		14

переміщення об'єкта, потоку рідини і виявлення перешкод; виконання функції перерахунку. У цих випадках зазвичай використовуються дискретні датчики. Існують також більш специфічні завдання: контроль присутності або рівня газу або рідини; контроль форми; контроль положення (кутове, лінійне і т. д.); читання/запису кодованої інформації.

Датчики здатні виявляти різні фізичні величини, основними з яких є:

- механічні (тиск, сила) для електромеханічних кінцевих вимикачів;
- електромагнітні (магнітне поле, сила) для магнітних сенсорів і індуктивних безконтактних датчиків;
- світлові (сила світла, заломлення) для фотоелементів;
- електрична ємність для ємнісних безконтактних датчиків;
- акустичні (швидкість поширення звуку) для ультразвукових датчиків;
- рідинні (тиск) для реле тиску;
- оптичні (сканування зображення) для оптичних енкодерів.

Ці системи мають свої переваги і обмеження для кожного типу датчика: деякі надійні, але вимагають безпосереднього контакту з об'єктом, інші можуть працювати в агресивних середовищах, але тільки з металевими об'єктами [5].

Для полегшення використання датчиків, до них додаються спеціальні допоміжні функції, такі, наприклад, як налаштування на основі навчання. Ця функція може використовувати спеціальну кнопку, за допомогою якої можна встановити максимум і мінімум діапазону чутливості (дуже точне юстування переднього і заднього планів ± 6 мм для ультразвукових датчиків) або, наприклад, врахувати вплив навколишнього середовища для фотоелектричних датчиків.

Електромеханічні кінцеві вимикачі працюють за принципом: датчик спрацьовує при безпосередньому фізичному контакті головки датчика з

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		15

рухомим або нерухомим об'єктом. Сигнал подається в інформаційну систему за допомогою дискретного електричного контакту. Разом вони (головка датчика і дискретний електричний контакт) утворюють пристрій, іменований кінцевим вимикачем. Кінцеві вимикачі застосовуються практично у всіх автоматизованих системах через низки переваг їх конструкції.

Датчики розрізняються за способом функціонування контакту: Контакт миттєвої дії або перемикач зі швидким розмиканням. Функціонування контакту характеризується явищем гістерезису, тобто явно різною поведінкою в точках замикання і розмикання.

Швидкість, з якою переміщається рухома частина контакту, не залежить від швидкості переміщення головки датчика. Ця особливість дає прийнятну швидкість комутації навіть у випадках переміщення головки на малих швидкостях. Все більше кінцевих вимикачів з контактами миттєвої дії мають функцію позитивного спрацювання, яка використовує розмикальний контакт і визначається наступним чином: «Датчик задовольняє цій вимозі в тому разі, якщо достовірно відомо, що всі його нормально замкнуті контакти здатні перейти в розімкнений стан, тобто відсутній будь-який пружний зв'язок між рухомим контактом і головкою, що піддається механічному впливу». Це в рівній мірі стосується як електричного контакту, так і головки, яка повинна передати механічний вплив без спотворень.

Контакт уповільненої дії. Режим роботи характеризується наступними особливостями: симетрія точки замикання і розмикання; швидкість рухомого контакту дорівнює або пропорційна швидкості головки, яка не повинна бути менше 0,1 м/с (6 м/хв). Нижче цього порогового значення швидкість розмикання занадто мала, що може призвести до виникнення важко подавлюваної електричної дуги і порушення електричних характеристик контакту, швидкість розмикання також залежить від довжини ходу головки. Ці контакти спроектовані таким чином, що режим примусового розмикання вони переходять природним чином: натискний шток впливає безпосередньо на рухомі контакти.

						Арк
						16
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

Індуктивні безконтактні датчики. Фізичні принципи, на яких заснована робота даного типу датчиків, що дозволяють їх використовувати тільки з металевими об'єктами. Принцип роботи В якості чутливого елемента виступають індуктивні котушки (L), які з'єднані з конденсатором (C). Разом вони утворюють коливальний контур з резонансною частотою F_0 , зазвичай лежить в діапазоні частот від 100 кГц до 1 МГц.

Електронна схема датчика підтримує коливання в ланцюзі з частотою резонансу згідно з наступною формулою:

$$F_0 = 1 / 2\pi\sqrt{LC} \quad (1.1)$$

Ці коливання породжують змінне магнітне поле перед котушкою. Поява в зоні змінного магнітного поля металевих об'єктів приводить до виникнення в цьому об'єкті вихрових струмів, які в свою чергу створюють додаткове навантаження, що змінює умови протікання коливань в резонансному контурі (рис. 1.2).

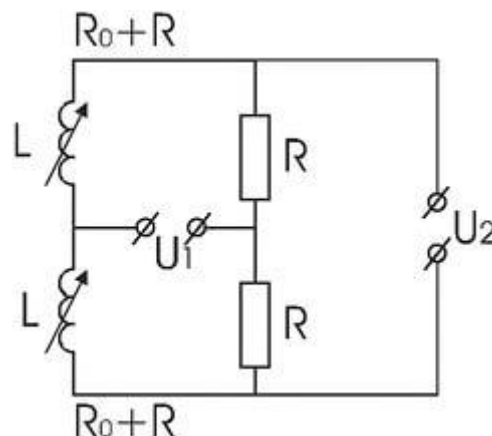


Рисунок 1.2 – Принцип дії індуктивного датчика

При наближенні металевого об'єкта до датчика відбувається різке зниження добротності коливального контуру, що в свою чергу веде до зменшення діапазону коливань.

Максимальна відстань виявлення об'єкта залежить від металу, з якого зроблений об'єкт.

Осцилятор: існують різні типи осциляторів, в тому числі осцилятори з фіксованим від'ємним опором R , рівним за абсолютним значенням паралельно включеного опору коливального контуру R_p в заданому діапазоні: якщо об'єкт знаходиться за межами цього діапазону, то $|R_p| > |I - R|$, коливання продовжують підтримуватися; якщо об'єкт знаходиться в межах діапазону $|R_p|$

Живлення і контроль вихідного сигналу датчика: живлення датчика може здійснюватися в широкому діапазоні напруг (від 10 До пост. струму до 264 В пер. струму). Вихідний сигнал датчика формується на рівні 0,2 А при постійному струмі або 0,5 А при змінному струмі із захистом від коротких замикань або без нього.

На роботу індуктивних датчиків впливають наступний ряд факторів:

- відстань спрацьовування;
- площа поверхні об'єкта, що виявляється;
- S_n : номінальна зона чутливості, при роботі з об'єктом з маловуглецевої сталі варіюється від 0,8 мм (діаметр датчика 4) до 60 мм (датчик 80x80);
- гістерезис, змінюється в діапазоні від 2 до 10% від S_n для запобігання брязкоту;
- частота, з якою об'єкти перетинають робочу зону датчика, відома як частота перемикавання (до 5 кГц).

Ємнісні безконтактні датчики. Чутливим елементом датчика є пластина конденсатора. На неї подається синусоїдальна напруга, що створює змінне електричне поле. Ця напруга повинна бути відкаліброваною щодо нульового потенціалу, наприклад, потенціалу землі, друга пластина конденсатора

					Арк
					18
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат	

з'єднується з будь-яким елементом, що має нульовий потенціал, наприклад з корпусом пристрою. Спільно пластини утворюють конденсатор, ємність якого визначається за формулою:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r A / d \quad (1.2)$$

де $\varepsilon_0 = 8,854187 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – діелектрична проникність вакууму ε_r – відносна діелектрична проникність середовища між пластинами конденсатора.

Фотоелектричні датчики. Принцип роботи фотоелектричних датчиків дозволяє виявляти будь-які типи об'єктів прозорі, непрозорі, відображають. Вони також використовуються для виявлення людей (автоматичні двері і бар'єри безпеки).

Принцип роботи (рис. 1.3). Світлодіод випромінює світлові імпульси, зазвичай в інфрачервоному діапазоні (нм). В залежності від присутності або відсутності об'єкта, світловий імпульс приймається або не приймається фотодіодом або фототранзистором. Одержуваний у результаті фотоелектричний струм підсилюється і надходить на компаратор, який порівнює його з пороговим значенням. На підставі цього порівняння на вихід датчика надходить той чи інший дискретний сигнал [6].

Оптоволоконні системи. Принцип роботи: поширення світлової хвилі по оптоволоконному кабелю базується на повному внутрішньому відбитті. Внутрішнє відбиття може бути повним в тому випадку, якщо світловий промінь проходить з одного середовища в інше, має менший коефіцієнт заломлення по відношенню до першого. Крім цього, відображення без втрат можливо тільки в тому випадку, якщо кут падіння променя буде більше критичного значення $[\theta_c]$.

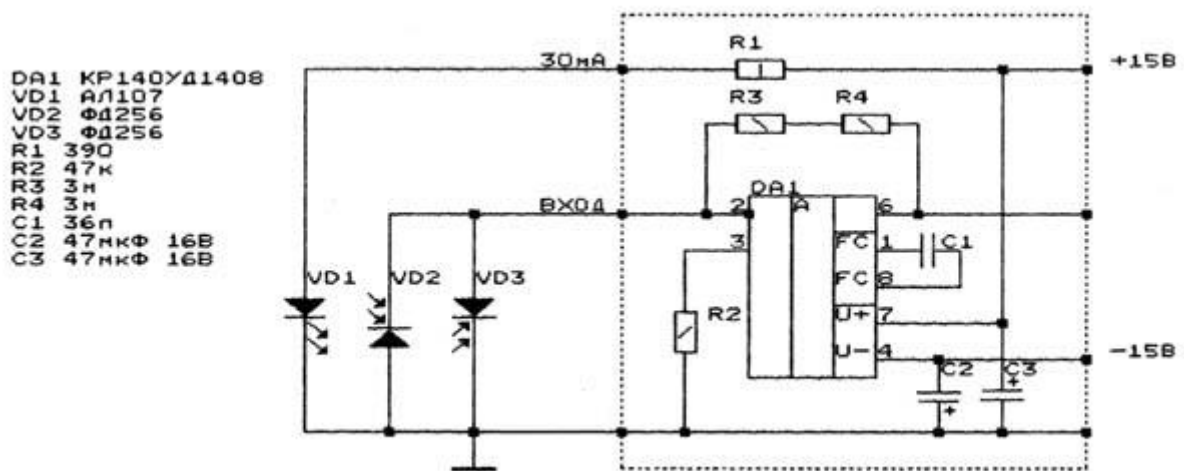


Рисунок 1.3 – Принцип роботи фотоелектричного датчика

На внутрішнє відбиття впливають два фактори: коефіцієнт заломлення і критичний кут. Ці величини пов'язані наступною рівністю:

$$\sin \theta_c = n_2 / n_1 \quad (1.3)$$

Якщо відомі коефіцієнти заломлення обох середовищ, то обчислення критичного кута досить просте. З точки зору фізики коефіцієнт заломлення середовища являє собою відношення швидкості світла у вакуумі (c) до швидкості світла у розглянутій середовищі (v). Коефіцієнт заломлення повітря приймається рівним коефіцієнту заломлення вакууму і дорівнює 1, оскільки швидкості світла в обох середовищах практично однакові.

Ультразвукові датчики. Ультразвукові хвилі формуються за допомогою електроакустичного перетворювача (п'єзоелектричний ефект), який перетворює підводиться електричну енергію в механічні коливання допомогою п'єзоелектрики або магнітострикції (рис. 1.4).

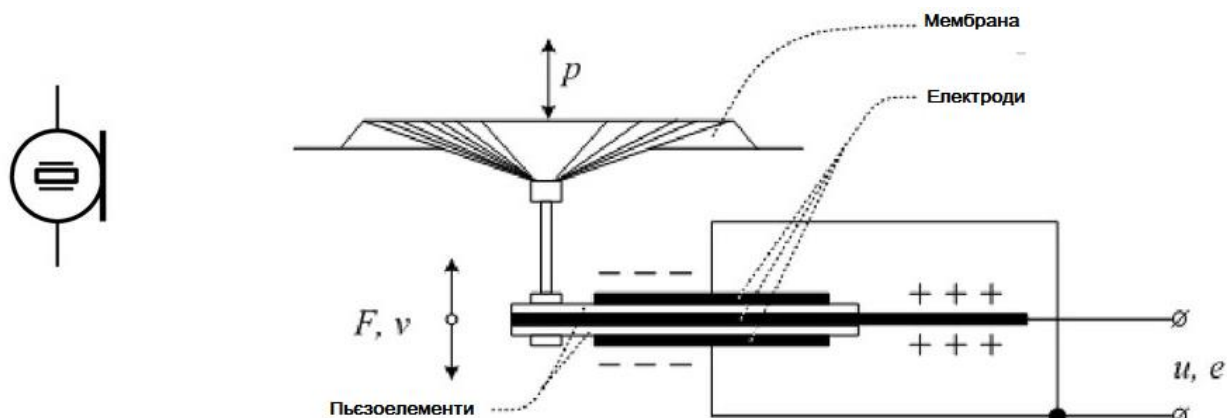


Рисунок 1.4 – Принцип електроакустичного перетворювача

Принцип роботи полягає у вимірі часу, необхідної звукової хвилі на переміщення між датчиком і об'єктом. Швидкість переміщення в повітрі становить 340 м/с при температурі 20 ° С, тобто на виявлення з відстані в 1 м потрібно 3 мс. Цей час вимірюється за допомогою лічильника, вбудованого в мікроконтроллер. Перевагами ультразвукових датчиків є велика відстань виявлення (до 10 м) і можливість виявляти будь-які об'єкти, що відображають звук, незалежно від їх форми і кольору.

Мертва зона: зона між чутливою поверхнею датчика і мінімальною відстанню, на якій об'єкт може бути достовірно виявлений. В межах мертвої зони виявлення об'єкта неможливо. Знаходження об'єктів в мертвої зоні датчика під час його роботи неприпустимо, оскільки це може негативно вплинути на стабільність роботи. Зона виявлення: область, в межах якої датчик здатний зафіксувати об'єкт. В залежності від моделі зона виявлення може бути фіксованою або регульованою, тобто налаштовуватися простим натисненням кнопки.

Фактори, що впливають на роботу датчика: ультразвукові датчики широко застосовуються для виявлення об'єктів, що мають плоску поверхню, перпендикулярну осі виявлення. Тим не менш, існує ряд факторів, здатних чинити негативний вплив на роботу датчика:

- раптові сильні потоки повітря можуть прискорити або, навпаки, уповільнити звукову хвилю;
- різкі температурні перепади в області виявлення датчика. Коли об'єкт випромінює велику кількість тепла, виникають різні температурні області, які змінюють швидкість розповсюдження хвилі, що призводить до неточності роботи датчика;
- звукопоглинальні матеріали, такі як бавовна, тканина і гума. У цьому випадку рекомендується використовувати режим роботи «Відбиття»;
- кут між площиною поверхні об'єкта і віссю виявлення датчика. У випадках, коли цей кут відмінний від 90° , відбита хвиля відхиляється від осі датчика, що знижує максимальну дистанцію виявлення. Чим більше відстань між об'єктом і датчиком, тим сильніше виявляється цей ефект. При відхиленнях, що перевищують 10° , виявлення стає неможливим;
- форма об'єкта. Згідно з попереднім пунктом об'єкти, що мають кутасту форму, важко виявити.

Переваги ультразвукових датчиків

- відсутній фізичний контакт датчика з об'єктом, тому відсутній знос і є можливість виявлення крихких або свіжопофарбованих об'єктів;
- об'єкти з будь-якої речовини і будь-якого кольору можуть бути виявлені на однаковій відстані без додаткових налаштувань і корекцій;
- відсутні рухомі частини всередині датчика, тому термін служби датчика не залежить від кількості робочих циклів;
- висока стійкість до зовнішніх впливів: вібро-, волого-, пило - та ударостійкість;
- функція навчання, яка реалізується за допомогою кнопки для встановлення мінімального і максимального відстані виявлення.

RFID – радіочастотна ідентифікація. Принцип дії заснований на наданні кожному об'єкту можливості зберігання даних доступних віддалено для читання/запису. Інформація, яка зберігається в пам'яті, доступ до якої

						Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		22

здійснюється по радіо, при цьому не потрібно ні прямого контакту, ні пряма видимість. Дальність дії варіюється від декількох сантиметрів до декількох метрів [7].

Система RFID складається з наступних компонентів:

- електронна мітка;
- пристрій читання/запису (або зчитувальний пристрій RFID).

1.3. Технічні тенденції розвитку електронних систем виявлення перешкод

Створення нових технологій, їх розвиток і втілення в комерційних продуктах – процес безперервний і закономірний. Без появи нових технологій зупинився б технічний прогрес, а ринкову економіку чекав би неминучий колапс. Однак кожна з нових розробок має свої особливості і певний потенціал. Якщо одна в змозі лише незначно поліпшити існуючі рішення, то інша здатна здійснити справжній переворот в тієї чи іншої галузі.

Генезис електронних систем виявлення перешкод датується ХХ століттям. В цьому секторі найбільшим ринком в світі як і раніше залишаються США, а самим швидкозростаючим – Близький Схід, де протягом аналізованого періоду очікується середньорічний приріст 13,2%. При цьому з продуктових сегментів ринку найшвидше розвиваються системи на смарт-картах – середньорічний приріст тут буде складати понад 10 відсотків. Американський регіон лідирує, очевидно, в силу традиційно високої культури охорони і щодо нещодавно прийнятого курсу на підвищення громадської пильності. У Штатах, крім цього, одні з найсуворіших правил безпеки в аеропортах, нещодавно ще більше посилилися – і все це продовжує стимулювати попит на системи контролю доступу, зокрема, і на системи з використанням смарт-карт. Проте експерти вважають, що для використання нових ринкових можливостей інтеграторам

						Арк
						23
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

вже недостатньо пропонувати лише інсталяцію систем: необхідно ретельно аналізувати умови об'єктів замовника і пропонувати відповідні завданням сервіси.

Технічні засоби виявлення перешкод – це пристосування, що дозволяють отримувати інформацію про перешкоди на відстані від них [6]. Ці прилади придбали особливу значущість для незрячого. Вони забезпечують безпечне пересування в просторі. До технічних засобів виявлення належать тростини і локатори.

Найбільш поширений і доступний засіб виявлення – біла тростина. Вона виконує функцію оповіщення для пішоходів і водіїв; буфера, що оберігає від зіткнення з перешкодами; щупа, що дозволяє вчасно виявити перешкоди попереду і визначити її характер; генератор звуку, за допомогою звуку зондується простір; опорний засіб; засіб захисту.

Ще один засіб виявлення – локатор. За способом отримання інформації вони поділяються на оптичні (використовують світлове випромінювання видимого або інфрачервоного діапазону частот і акустичні, що працюють на звукових або ультразвукових частотах). Оптичні засоби виявлення перешкод мають ряд недоліків: вони важко розпізнають прозорі середовища, об'єкти (скляні вітрини і двері), телефонні кабінки, круглі перешкоди певного діаметру, рекламні щити. Так само вони втрачають розрізняльну чутливість при сонячному світлі.

За способом представлення інформації пристрої діляться на: тактильні, акустичні і словесні. Тактильний датчик (рис.1.5) вимагає більшої кількості споживаної енергії.

						Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		24



Рисунок 1.5 – Тактильний датчик

За способом носіння приймально-випромінювальний блок оформлений у вигляді «брошки», та розміщується на грудях, головному уборі або кріпиться на тростину. Локатори, у яких електронна система знаходиться в руці, на тростині, в окулярах, схильна до більшого впливу зовнішнього середовища, і частіше виходить з ладу. Також слід строго фіксувати датчик показника, так як зміщення його дає невірну інформацію.

Дальність виявлення перешкоди від 0,5 до 5 метрів. Ширина спрямованості променя 20 градусів, дальність виявлення перешкоди вимагає захищеність датчика від впливу бічних перешкод, і може викликати постійне звучання, що призводить до реакції відторгнення локатора. Якщо датчик знаходиться на тростині, то тростину треба тримати перед собою, періодично торкаючись поверхні землі. Відхилення тростини вправо або вліво може викликати звучання локатора, що відволікає від виявлення перешкоди попереду [8].

Вага локатора від 200-300 гр.

Ультразвуковий імпульсний локатор (рис. 1.6) сприймає і обробляє ехосигнали. При наявності перешкоди в зоні локації з'являється звуковий, або вібраційний сигнал небезпеки. Блок обробки інформації знаходиться в кишені і ізолюваний від зовнішнього середовища, що забезпечує їй захист. В

основному, дальність виявлення перешкоди 1,52 метра. Безперервність роботи локатора 4 години.



Рисунок 1.6 – Ультразвуковий імпульсний локатор

Ультразвуковий стереофонічний локатор з безперервним випромінюванням (рис. 1.7) відрізняється від попереднього додаванням другого каналу: інформація сприймається через стереофонічні головні телефони, це дозволяє, крім дальності, оцінювати і напрямлення на перешкоду.

Співробітниками Академія військ зв'язку була запропонована розробка і установка електронних маячків, що працюють на основі супутникового зв'язку, супроводжуючих незрячого до часто відвідуваних об'єктів: метро, підприємства ВОС, будинок культури, бібліотеки, Центр реабілітації, первинні районні організації ВОС і т. д. (робота призупинена) [9].



Рисунок 1.7 – Ультразвуковий стереофонічний локатор з безперервним випромінюванням

Слід сказати і про систему орієнтування на заздалегідь обладнаній трасі, що працює на основі індукційного зв'язку. У цій системі приймальний пристрій розташовується в тростини, а обладнання траси зводиться до прокладання на площині одновиткової, струмонесучої сигнальної петлі. Робота такої системи базується на знаходженні адміністратора котушкою заданих об'єктів і визначення напрямку пересування. Дальність визначення об'єкта становить один метр, датчик на тростині випромінює переривчасті сигнали з регульованою гучністю [10].

Застосування даної системи вимагає попереднього навчання прийомом роботи з системою орієнтування магнітноіндукційного типу. Прокладка траси потребує витрат коштів. Цю розробку представив «Центр технічних засобів реабілітації» СПб.

Багатофункціональність локатора не завжди веде до надійності у роботі, а навпаки, ускладнює взаємодію функцій і реагування на подразники. Так само це призводить до подорожчання локатора.

Крім засобів виявлення існують засоби індикації, які дозволяють незрячим визначити напрямок при пересуванні. До них відносяться звукові сигналізатори, фоноскоп, компас, радіо передавальні і радіо пеленгаційні пристрої, мобільний телефон, крокомір. Широко використовуються звукові маячки, які встановлюються на входних дверях і світлофорах, що організовує водіїв і пішоходів, допомагаючи переходити вулиці незрячим та людям похилого віку (так як вони теж відчувають труднощі при переході вулиць).

Переносні сигналізатори допоможуть зустрітися двом незрячим в обумовленому місці, позначити місце, до якого треба повернутися. Сигналізатори забезпечені регулюванням частоти імпульсів і гучності.

Для визначення напрямку руху використовується компас. Для цієї ж мети використовується фоноскоп, який дозволяє орієнтуватися на світло. В залежності від інтенсивності світлового джерела змінюється тон звукового сигналу.

При навчанні просторового орієнтування можуть бути використані радіо командні пристрої, типу «Радіогід», що дозволяє здійснювати дистанційну корекцію руху [11].

Робота з локатором вимагає вмілого поводження з ним. У різних просторових ситуаціях: у транспорті, де багато людей або близько розташовані предмети його слід відключати, а на відкритому просторі – включати дальню локацію, а де потрібно включати і ближню локацію.

Є проблема звикання до ходіння з локатором і ходіння без нього (знову потрібно звикання). Також він знижує активність інших органів почуттів.

Науково-технічний прогрес вимагає розробок нових засобів виявлення перешкод. Модернізація виробництва, що відбувається в країні дає надію на те, що виробництво систем виявлення перешкод стане можливим на новій технічній базі з використанням інноваційних технологій. Це справа

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		28

найближчого майбутнього. А поки реальним завданням є вдосконалення методик навчання просторового орієнтування з максимальним використанням усіх можливих допоміжних засобів орієнтування.

Висновки та постановка завдання дослідження

У рамках даної дипломної роботи пропонується до розробки електронна система виявлення перешкод, яка буде встановлюватися на головному уборі людини (користувача).

До розроблюваної системи визначення перешкод зважаючи на розглянуті раніше аспекти можна висунути наступні вимоги:

- невелика загальна маса – спираючись на те, що система буде кріпитися на головному уборі, система розпізнавання повинна бути максимально легкою;
- мале енергоспоживання – оскільки апарат є автономним – його живлення здійснюється від акумулятора, ємність якого обмежена;
- мале споживання обчислювальних ресурсів – в силу розмірів та місця встановлення, неможливості встановлення повнофункціонального комп'ютера, з'являється необхідність використовувати контролери з ядром на основі архітектури AVR або ARM з обмеженою швидкістю;
- стійкість до помилок розпізнання – використовувані засоби повинні з великою часткою ймовірності визначати перешкоди;
- низька вартість.

Виходячи з представлених вимог у наступному розділі буде здійснено підбір керуючого мікроконтролера, необхідних датчиків відстані, прийомо-передавальної апаратури.

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1. Технічні параметри розроблюваної електронної системи виявлення перешкод

Електронна система виявлення перешкод, що розробляється повинна володіти наступними технічними параметрами:

- період між імпульсами не менше 50 мс;
- частота 40 кГц;
- кут огляду 30° ;
- напруга живлення 7,5 В;
- вимірюваний діапазон – від 2 до 400 см;
- точність – 0,3 см.

2.2. Розробка та дослідження фізико-математичної моделі

В основі електронної системи виявлення перешкод, лежить ультразвуковий датчик, принцип дії якого наведено на рис. 2.1.

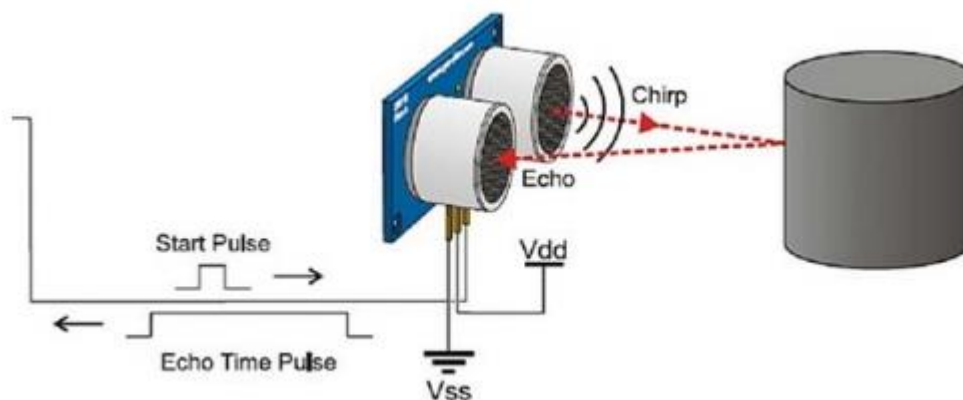


Рисунок 2.1 – Принцип дії ультразвукового датчику

В основі фізико-математичної моделі лежить наступне упередження:
 еруглий перетворювач з площею

$$S_0 = \pi d^2 / 4 \quad (2.1)$$

розбитий на елементарні випромінювачі площею

$$S = \lambda^2 / 4, \quad (2.2)$$

кількість яких дорівнює

$$N = \pi d^2 / \lambda^2 = \pi n. \quad (2.3)$$

Кожен такий випромінювач має кругову діаграму спрямованості

$$\Phi(\varphi) = \cos \varphi. \quad (2.4)$$

Тому випромінювання імпульсів і прийом сигналів описані як щільності ймовірностей подій, що складаються в спільному випромінюванні-прийомі сигналів від πn незалежних джерел в різних напрямках. Розподіл цих щільності ймовірності інтерпретовані як сигнали перетворювача в режимі випромінювання-прийому:

$$\begin{aligned} \Phi^2(\varphi) &= (\cos \varphi)^{2\pi n} = (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)^{-\pi n} = (1 + a^2 / r^2)^{-\pi n} = \\ &= (1 + nS / \pi n r)^{-\pi n} \approx \exp(-nS / r^2) = \exp(-y^2 / x^2) = \\ &= \exp(-v^2 / u^2). \end{aligned} \quad (2.5)$$

За умови, що $\pi n \geq 10^2$, помилка заміни функцій не більше 0,1%.

Ультразвуковий датчик бере участь в:

- розпізнаванні місць і об'єктів;
- визначенні вільного простору і планування в ньому руху для того, щоб уникнути зіткнень з перешкодами;
- створення загального уявлення про навколишнє середовище.

Вимірювання, вироблені датчиком, залежать і від положення рухомого об'єкта x і від стану навколишнього його світу y :

$$z_0 = z_0(x, y) \quad (2.6)$$

Описати стан зовнішнього світу можна, наприклад, за допомогою орієнтирів.

Стан може бути або невизначеним, або повністю відомим.

Розподіл моделювання ультразвукового датчика

Усі вимірювання які виробляють датчики, є невизначеними. Реальні датчики завжди видають деякий розкид значень, тобто вимірюють з певною точністю. У результатах вимірювань, зробленими тим чи іншим датчиком завжди присутня деяка похибка [12].

На сьогодні, можна охарактеризувати датчик, побудувавши його математичну модель. Зрозумівши невизначеність, яка присутня у вироблених сенсором вимірах, можна побудувати вірогідну модель вимірювань. Така модель буде представляти із себе розподіл ймовірностей (функцію правдоподібності) виду:

$$p(z_0|x, y) \quad (2.7)$$

Цей розподіл має вигляд колоколоподібної кривої (вид гауссіана).

Функція правдоподібності показує, наскільки ймовірним є еталонне значення x, y при отриманні значення z_0 . Використовуючи функцію правдоподібності можна оцінити невідомий параметр при відомих

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		32

результатах (коли використовується поняття ймовірність, навпаки використовуючи значення параметра можна передбачити результат) [13].

Функція правдоподібності повністю описує роботу датчика:

$$p(z|u) \quad (2.8)$$

є функцією і змінних вимірювання z і еталона v і може бути побудована у вигляді ймовірнісної поверхні.

Імовірнісна модель електронної системи виявлення перешкод наведена на рис. 2.2

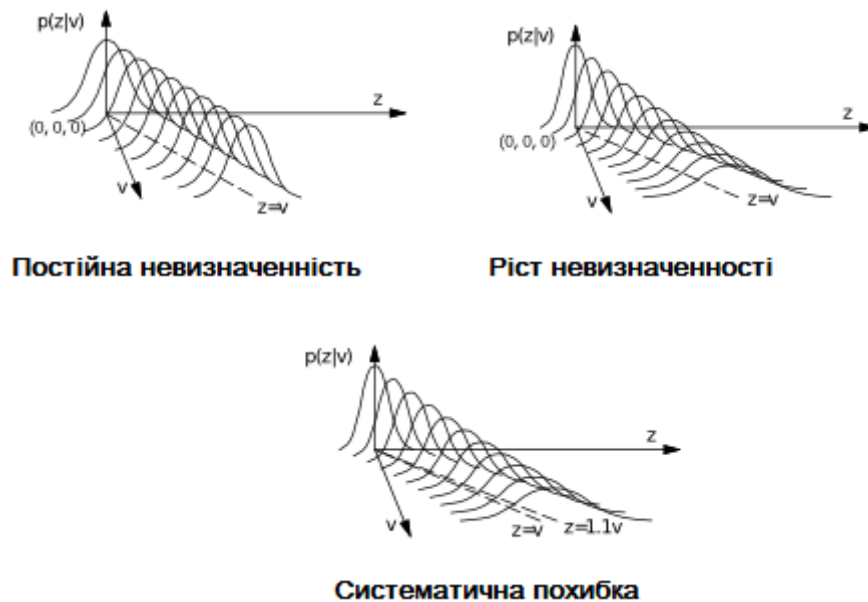


Рисунок 2.2 – Імовірнісна модель електронної системи виявлення перешкод

Чим більш похилою є функція правдоподібності, тим більше невизначеності вона містить. Тому, чим яскравіше виражені «пікові» вимірювання, тим менше невизначеності система містить в своїх даних.

Функція правдоподібності для ультразвукового датчика говорить нам, наскільки ймовірним є вимірювання z , отримане датчиком, з огляду на те, що справжнє очікуване значення m .

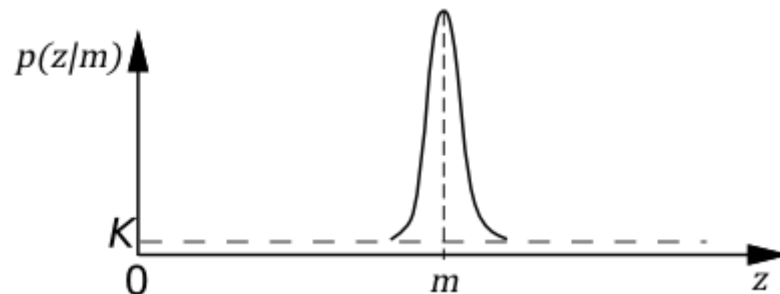


Рисунок 2.3 – Стійка модель ультразвукового датчика [14]

$$p(z|m) \propto e^{-\frac{(z-m)^2}{2\sigma_g^2}} + K \quad (2.9)$$

Цей розподіл має форму вузької кривої Гаусса навколо очікуваного значення з деяким постійним рівнем K , який відображає фіксований відсоток «сміттєвих вимірювань».

2.3. Розробка структурної схеми електронної системи виявлення перешкод та підбір основних елементів

Структурна схема електронної системи виявлення перешкод (рис.2.4) складається з наступних елементів:

- фототранзистор;
- діод D;
- мікроконтролер Arduino Pro Mini (МК);
- сонячна панель;
- акумуляторна батарея живлення (АКБ);

- перетворювач напруги, що підвищує (П) DC/DC;
- модуль Bluetooth для управління по бездротовому зв'язку;
- модуль для управління по каналу інфрачервоного зв'язку (IR);
- ультразвуковий далекомір Ultrasonic ranging module HC-SR04.

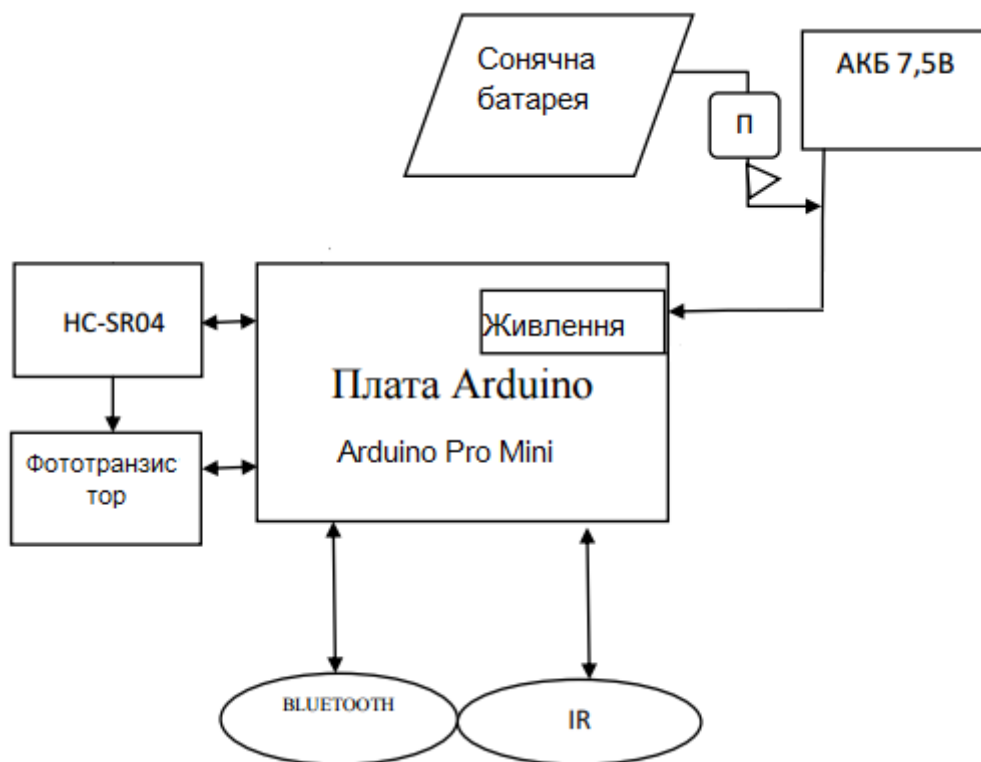


Рисунок 2.4 – Структурна схема електронної системи виявлення перешкод

Сонячні елементи можуть служити джерелом вторинного електроживлення, якщо таким чином заряджати акумулятори системи. Таке комбіноване джерело живлення знижує вимоги до потужності сонячних елементів в порівнянні з безпосереднім живленням системи від сонячних батарей.

Однак в цьому випадку система буде активно функціонувати тільки частину часу, а в іншу заряджати свої акумулятори [1].

Пристрій може взаємодіяти з оточенням за допомогою актюаторів – електронних компонентів, які перетворюють електричні сигнали в фізичні дії.

Сонячна енергія потрапляє на фотоелемент FS, який генерує електричний струм. Фотоелемент складається з декількох послідовно включених елементів, які генерують напругу порядку 5-7 В. Струм проходить від панелі до перетворювача напруги. Від перетворювача на виході маємо струм 8,40В. Через діод D струм йде до акумуляторних батарей. Діод в схемі потрібен для запобігання розряду акумуляторних батарей через сонячну панель.

При достатній кількості сонячних елементів можна створити сонячну батарею з практично будь-якими напругою і струмом і здатну забезпечити зарядку будь-якого типу акумуляторів. Звісно, не слід забувати, що потужна сонячна батарея буде займати велику площу для своєї установки.

Бажано використовувати сонячну батарею, що забезпечує прискорений зарядний струм, величина якого знаходиться в межах 0,15-0,3 від ємності акумуляторів [2].

Акумуляторні батареї, в свою чергу, живлять Arduino через канали живлення.

Користувач може управляти пристроєм за допомогою інфрачервоного каналу зв'язку за допомогою пульта управління або ж будь-яким Bluetooth-терміналом, що встановлюється на безліч сучасних пристроїв, таких як смартфони, планшети, комп'ютери.

Рух на світло здійснюється завдяки наявності фоторезисторів, встановлених в передній частині пристрою. Пристрій порівнює рівень освітленості і вибирає максимальне значення.

Автономний рух пристрою з обходом перешкод реалізовано за допомогою ультразвукового далекоміра моделі HC-SR04. Далекомір посилає сигнали і при зустрічі з перешкодою посилає сигнал на зупинку (звуковий).

						Арк
						36
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

Найбільша ефективність кутів огляду становить 30° , що показано на рис.2.5 Діяльність виміру становить 4 метри.

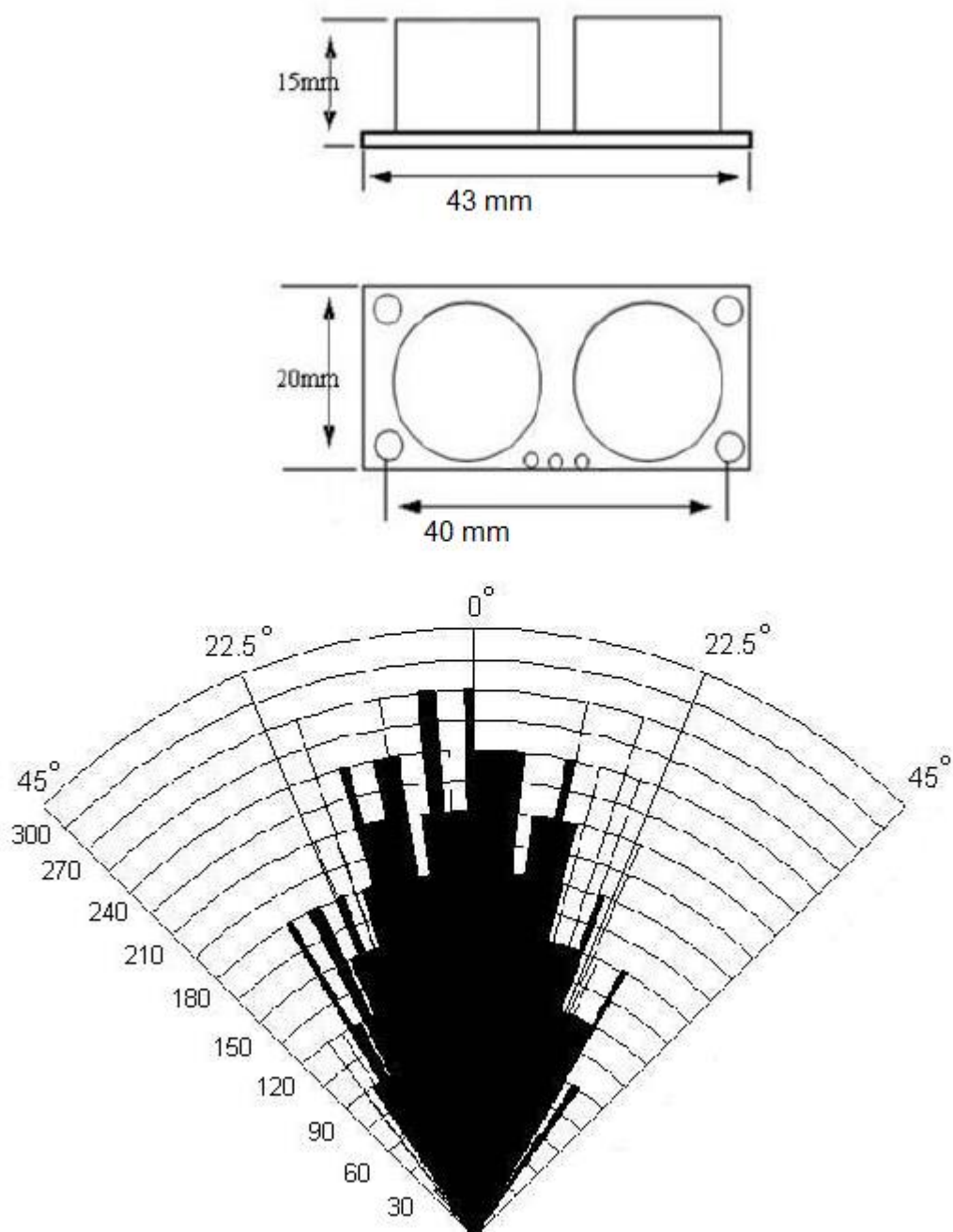


Рисунок 2.5 – Розміри та кут огляду ультразвукового далекоміра
Відстань до об'єкта визначається за формулою:

$$r = \sqrt{f \left(1/M_2 - M_1 \right)} \quad (2.10)$$

де

r – відстань до об'єкта;

$M_2 - M_1$ – вимір прийнятої потужності випромінювання без підсвічування і з підсвічуванням відповідно;

$f(\dots)$ – функція обумовлена налаштуванням далекоміра.

У якості мікроконтролера використовуємо плату Arduino Pro Mini (рис. 2.6). Arduino Pro Mini побудована на мікроконтролері ATmega328. Дана плата використовується в рішеннях, які вимагають мінімальних розмірів (33.3мм * 18.0мм) і низького споживання енергії.

Характеристики

- мікроконтролер ATmega168
- робоча напруга 3.3В або 5В (в залежності від моделі)
- напруга живлення 3.35-12В (для моделі 3.3В) або 5 - 12В (для моделі 5В)
- цифрові входи / виходи 14 (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів)
- аналогові входи 8
- максимальний струм одного виведення 40 мА
- Flash-пам'ять 16 КБ (з яких 2 КБ використовуються для завантаження)
- SRAM 1 КБ
- EEPROM 512 байт
- Тактова частота 8 МГц (для моделі 3.3В) або 16 МГц (в моделі 5В)

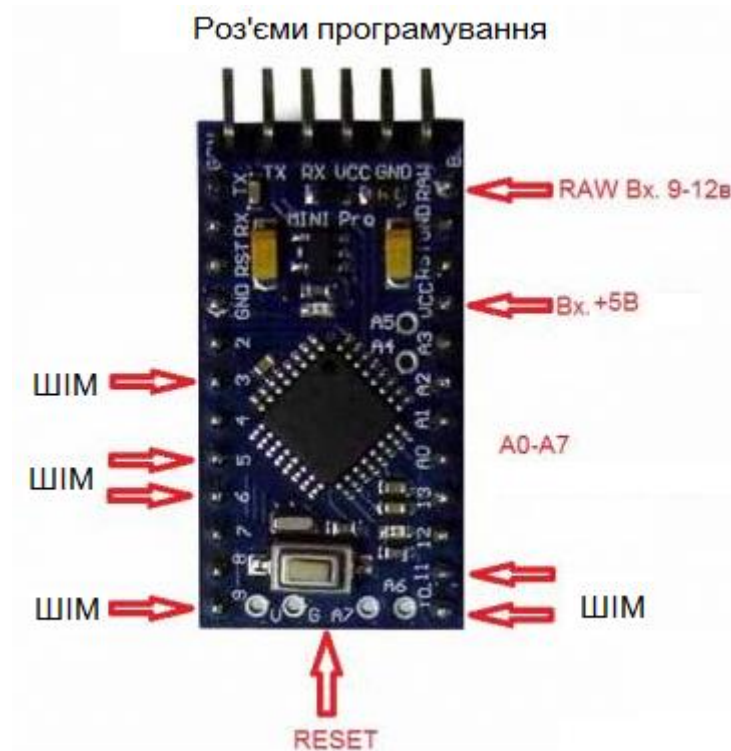


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд та роз'єми плати Arduino Pro Mini

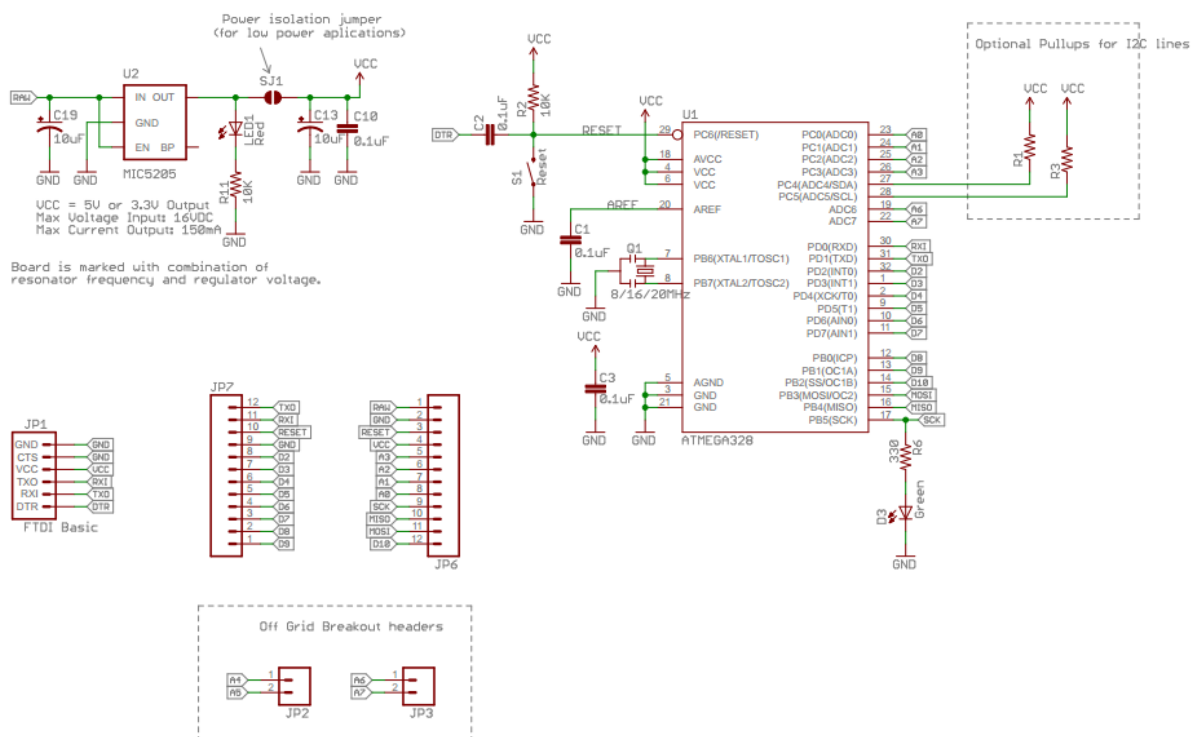


Рисунок 2.7 – Електрична схема плати Arduino Pro Mini

Перетворювач напруги, що підвищує (П) DC/DC (рис. 2.8). DC-DC перетворювач напруги з 5-13 В на вході, до 12 В вихідного постійного струму 1,5 А. Перетворювач отримує меншу напругу і дає більш високу на виході, щоб використовувати там де є напруга менша необхідних 12 вольт. Використовується для збільшення напруги наявних батарейок. Це по суті інтегральний DC-DC конвертер.



Рисунок 2.8 – Перетворювач напруги, що підвищує DC/DC

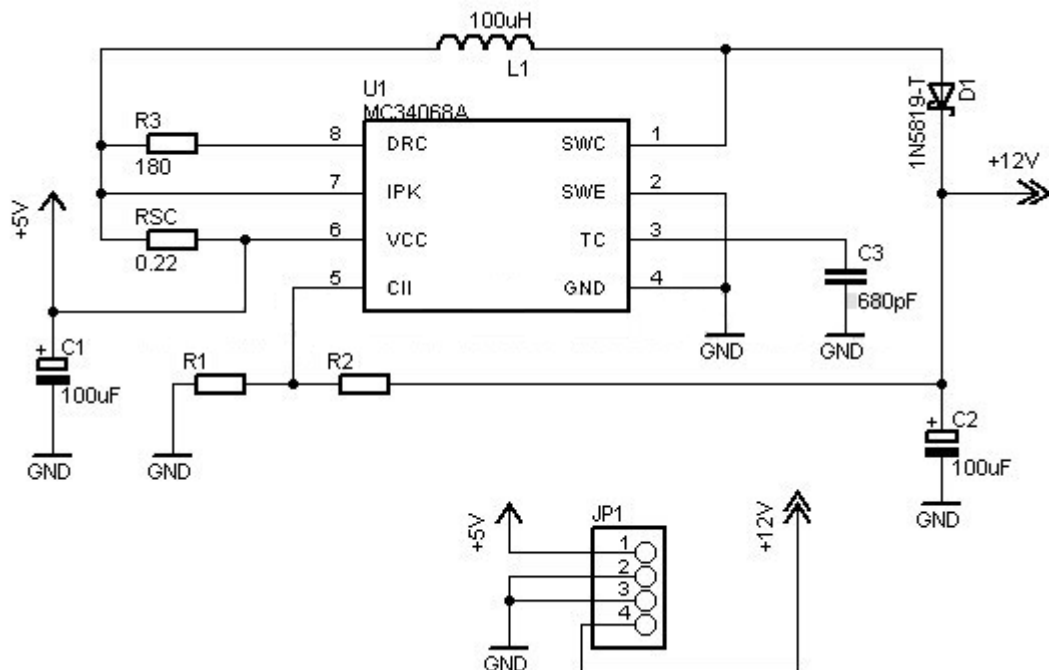


Рисунок 2.9 – Електрична схема перетворювача напруги DC/DC

Ультразвуковий далекомір Ultrasonic ranging module HC-SR04 (рис. 2.10).

Безконтактний спрямований датчик HC-SR04 використовуючи ультразвукові хвилі, вимірює відстань до об'єкта або просто виявляє перешкоду на шляху руху рухомої конструкції. На платі модуля розміщені п'єзовипромінювач ультразвуку і мікрофон, що сприймає відбиту хвилю. На відміну від інфрачервоних далекомірів на ультразвуковий датчик HC-SR04 не впливають джерела світла або колір перешкоди.

Можуть виникнути труднощі при визначенні відстані до пухнастих або тонких об'єктів. Швидкість звуку в повітрі залежить від температури, це впливає на точність датчика.

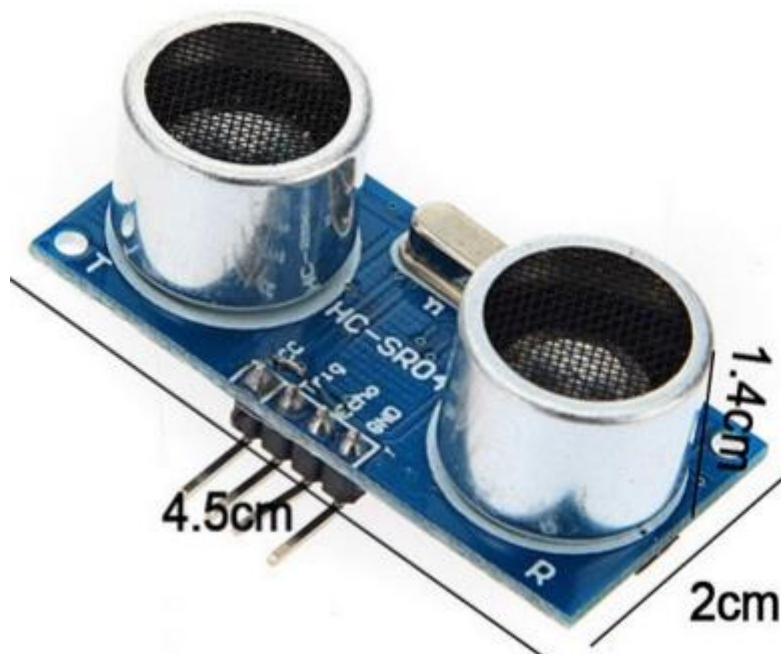


Рисунок 2.10 – Ультразвуковий далекомір Ultrasonic ranging module HC-SR04

Схема ультразвукового далекоміра Ultrasonic ranging module HC-SR04 наведена на рис. 2.11.

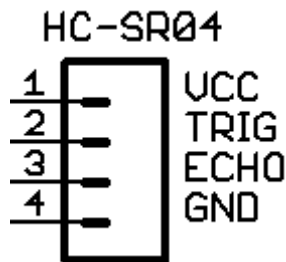


Рисунок 2.11 – Схема ультразвукового далекоміра Ultrasonic ranging module HC-SR04

Призначення контактів

VCC - живлення.

GND - загальний провід.

Trig - цифровий вхід для включення вимірювання.

Echo - після завершення вимірювання, на цей вихід буде подана логічна одиниця на час, пропорційний відстані до об'єкта.

2.4. Розробка електричної принципової схеми електронної системи виявлення перешкод

Після підбору всіх необхідних компонентів системи складаємо принципову електричну схему. На вхід IN перетворювача подаємо живлення з батарейок, які заряджаються від сонячної панелі, а з виходу OUT забираємо підвищену напругу. За допомогою опору її можна регулювати. Для цього потрібно підключити мультиметр в режимі вимірювання постійної напруги, і встановити опір 9.5 - 10 В. З виходу перетворювача живлення піде на вхід мікроконтролера RAW. Для живлення датчиків і сенсора відстані Ultrasonic, будемо брати живлення 5В (ніжка МК VCC).

Принципова схема електронної системи виявлення перешкод наведена на рис. 2.12.

						Арк
						42
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

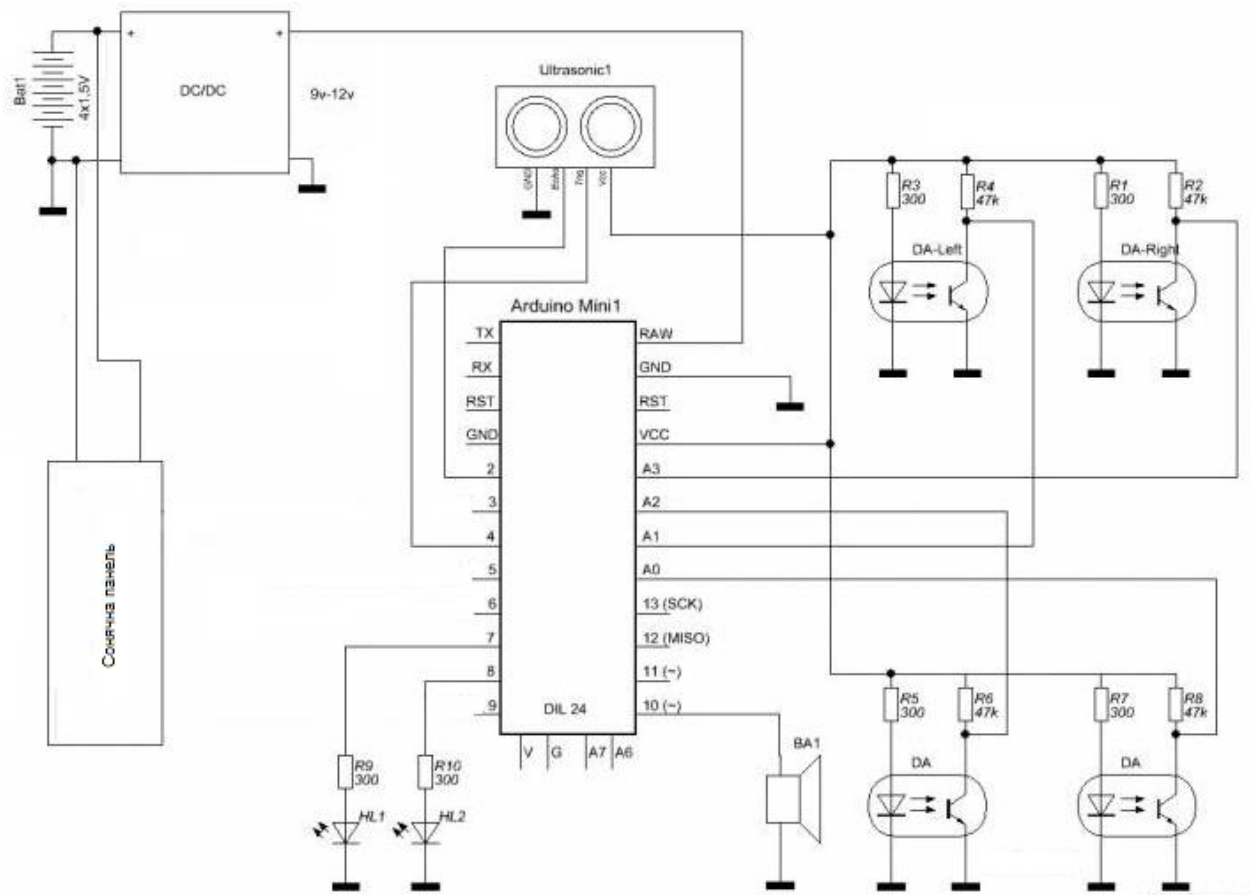


Рисунок 2.12 – Принципова схема електронної системи виявлення перешкод

Вихід 10 МК будемо використовувати для підключення «піщалки» або зумера Ba1. Особливої премудрості в підключенні немає.

Ультразвуковий далекомір Ultrasonic підключаємо до виходу 2 (Echo) і до виходу 4 (Trig). Живлення далекоміра здійснюється від 5В, вивід VCC Ардуіно. Принцип роботи далекоміра полягає в наступному: по команді мікроконтролера на вхід Trig подається певний імпульс, він перетворюється в ультразвукову частоту одним з «вічок» сенсора. Як тільки випромінювач видав ультразвуковий імпульс, вбудована схема сенсора включає лічильник часу і чекає повернення відбитого сигналу, який приймається другим «вічком». Результат перетворюється в якесь значення, і повертається в МК

через вихід Echo. Програма мікроконтролера перетворює це значення в зрозумілу нам метричну систему – сантиметри.

І наостанок у нас залишилися тільки ІК датчики для визначення краю рингу. Зазвичай це інфрачервоний (ІК) світлодіод і фототранзистор, так би мовити оптична пара. Принцип роботи такого датчика досить простий. ІК світлодіод випромінює світло, яке, відбиваючись від поверхні, вловлюється фототранзистором. Чим світліше відображена поверхня, тим сильніше відкривається фототранзистор. Колектор транзистора, підключений до входу АЦП контролера, він то і визначить, на скільки сильно відкривається транзистор. АЦП нашого контролера 10 бітний, тобто його значення при напрузі 5В на вході дорівнює 1024.

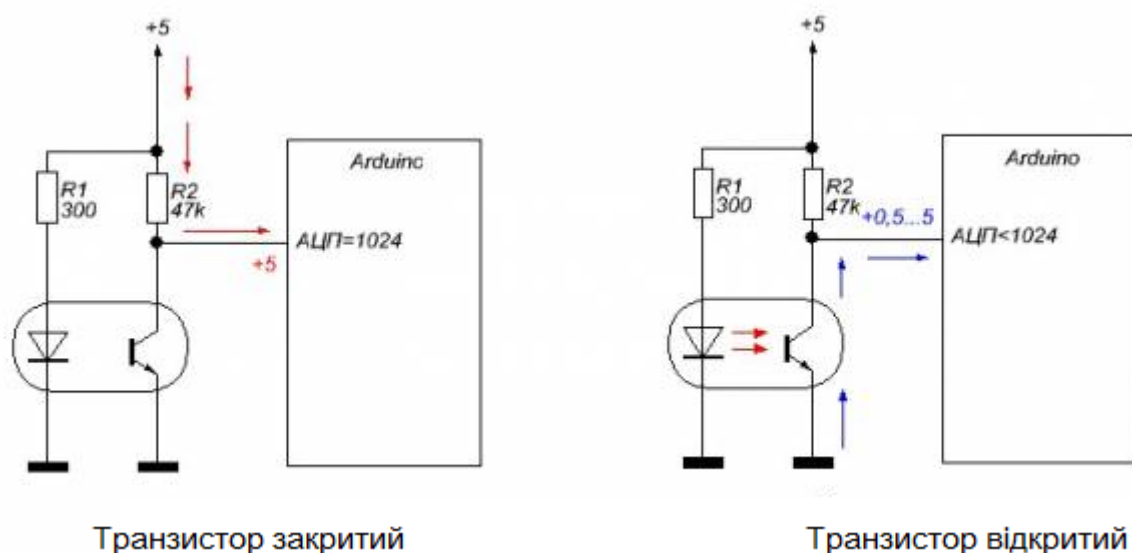


Рисунок 2.13 – Принцип роботи АЦП в режимі вимірювання

На рис. 2.13 зображено принцип роботи АЦП в режимі вимірювання. Коли транзистор закритий, через опір R2 на вхід АЦП надходить позитивна напруга, вона буде дорівнює напрузі живлення і опорній напрузі МК. Транзистор закритий через те що на його базу не поступає достатня кількість світла. Поверхня, що відбиває темна.

Коли на транзистор надходить достатня кількість світла (світла поверхня), він відкривається, напруга на вході АЦП падає, прагнучи до нуля. Відповідно значення самого АЦП так само буде зменшуватися. У підсумку потрібно тільки буде отримати значення АЦП, проаналізувати його і визначити колір поверхні рингу. Слід враховувати, що навіть сама темна поверхня щось та відображає. У процесі експериментів значення темної поверхні коливалися в межах 700-850, а світлої 28-30. Цього цілком достатньо щоб визначити світлу і темну поверхню. Але в будь-якому випадку ці параметри підбираються експериментально або за допомогою програми калібрування, адже датчики у всіх можуть бути різними. Підбираючи опір R_1 , ми можемо регулювати яскравість ІК світлодіоду, при напрузі 5В номінал може бути в межах 180-330 Ом. Значення опору R_2 в межах 10-56К.

У перспективі, у якості подальших досліджень, можна встановити ще два додаткові датчики, які є на принциповій схемі. Поки їх не будемо використовувати, але друковану плату для них все ж розробимо. Можливо, це будуть задні або бічні датчики, які зможуть визначити, з якого боку станеться перешкода.

До виходів 7 і 8 Ардуіно підключені звичайні світлодіоди. Можна їх використовувати у якості підсвічування у темний час доби. Так як у нас є ще вільні АЦП входи можна поставити дільник напруги і заміряти ємність батарей, а світлодіодами сигналізувати про їх стан (червоний-розряджені, зелений-норма).

2.5. Розрахунок електричного режиму та параметрів електронної системи виявлення перешкод

Здійснемо розрахунок далекоміра. Частота 40 кГц. Задамо $C_1=10\text{пФ}$. Знаючи співвідношення для часу періоду T (час від початку одного імпульсу до початку наступного), можна знайти опір R_1 .

						Арк
						45
Змн	Арк	№ док.ум.	Підпи	Дат		

$$T = 1,4 \cdot R_1 \cdot C_1 \quad (2.11)$$

$$T = \frac{1}{f} \quad (2.12)$$

$$R_1 = \frac{1}{1,4 \cdot f \cdot C_1} \quad (2.13)$$

$$R_1 = \frac{1}{1,4 \cdot 4 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-12}} \approx 18 \text{кОм}$$

Зробимо розрахунок транзисторів VT_1 і VT_2 (рис.2.14)

Робоча частота $f_p = 2$ МГц. Тоді:

$$T = \frac{1}{f_p} = \frac{1}{2 \cdot 10^6} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{с}$$

Знайдемо тривалість імпульсу, знаючи період T (рис.2.15).

$$\tau_U = \frac{T}{4} = \frac{0,5 \cdot 10^{-6}}{4} = 125 \text{нс}$$

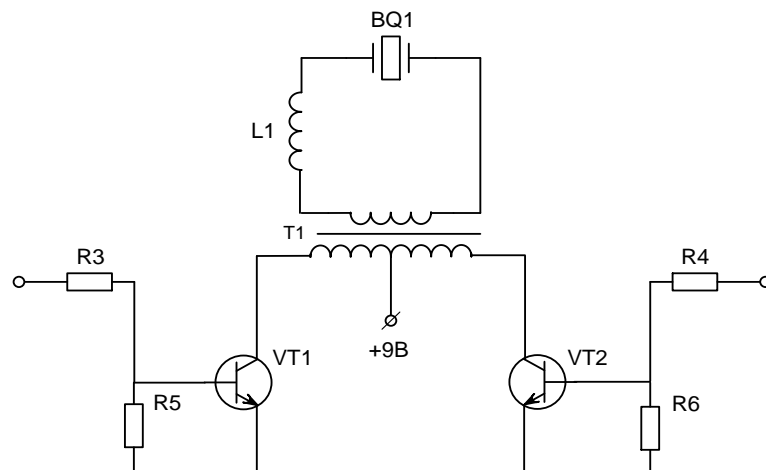


Рисунок 2.14 – Транзистори VT_1 і VT_2

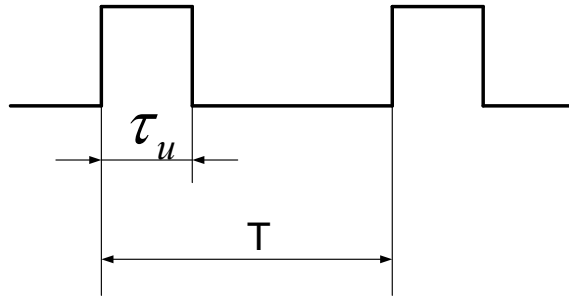


Рисунок 2.15 – Період та час імпульсу

Транзистори повинні задовольняти умові

$$t_{\phi} = \frac{T}{10} = \frac{0.5 \cdot 10^{-6}}{10} = 50 \text{ нс}.$$

Для нашого випадку виберемо транзистор типу КТ316А і проведемо розрахунок величини часу наростання t_{ϕ} (за цим параметром можна буде судити про правильність вибору типу транзистора).

Час наростання можна знайти, використовуючи формули:

$$t_{\phi} = \tau \cdot \ln \frac{S}{S-1} \quad (2.14)$$

$$\tau = \tau_{\beta} + C_{\kappa\phi} R_k (\beta + 1) \quad (2.15)$$

$$S = \frac{I_{\phi 1}}{I_{\phi n}}; I_{\phi 1} \approx \frac{E_{\Gamma 1} - U_{\phi 3}}{R_{\Gamma}}; I_{\phi n} = \frac{I_{\kappa n}}{\beta}$$

$$I_{\kappa n} = I_I = I_n \cdot n, \quad (2.16)$$

де n - коефіцієнт трансформації;

$E_{\Gamma 1} = 13 \text{ В}$ - напруга збудження транзистора;

$U_{\phi 3} = 0,6 \text{ В}$ - порогова напруга переходу база - емітер кремнієвого

					Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат	47

транзистора;

$\tau_\beta, C_{кб}, \beta$ – власні параметри транзистора.

Транзистор типу КТ316А має наступні параметри:

$$\beta = 40; C_{кб} = 3нФ; \tau_\beta = 150нс.$$

Враховуючі, що $R_\Gamma = 1кОм$; $I_{кн} = 1,1мА$; $R_k = 12,4кОм$ отримаємо:

$$I_{бн} = \frac{I_{кн}}{\beta} = \frac{1,1}{40} \approx 0,03мА;$$

$$I_{б1} = \frac{E_{Г1} - U_{бэ}}{R_\Gamma} = \frac{13 - 0,6}{1 \cdot 10^3} \approx 12,4 \cdot 10^{-3} А \approx 12,4мА;$$

$$S = \frac{I_{б1}}{I_{бн}} = \frac{12,4}{0,03} = 413;$$

$$\tau = \tau_\beta + C_{кб} R_k (\beta + 1) = 150 \cdot 10^{-12} + 3 \cdot 10^{-12} \cdot 12,4 \cdot 10^3 \cdot (40 + 1) = 150 \cdot 10^{-12} + 1,5 \cdot 10^{-6} \approx 1,5мкс;$$

$$t_\phi = \tau \cdot \ln \frac{S}{S-1} = 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \ln \frac{413}{412} = 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0024 = 3,67нс.$$

Таким чином, видно, що розрахована величина часу наростання $3,67нс$ менше необхідної величини $50нс$; отже, тип транзистора нами обраний правильно.

Далі проведемо розрахунок надійності електричної схеми. Проблема забезпечення надійності пов'язана з усіма етапами створення виробу і всім періодом його практичного використання. Надійність виробу закладається в процесі його конструювання і розрахунку та забезпечується в процесі його виготовлення шляхом правильного вибору технології виробництва, контролю якості вихідних матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції, контролю режимів і умов виготовлення [14].

Знаючи елементну базу електричної схеми, можна розрахувати її надійність.

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		48

Працездатність системи оцінюється як сума ймовірностей безвідмовної роботи елементів:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (2.17)$$

де

$P_i(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи i -го елемента.

Система, як і елемент, може перебувати в одному з двох несумісних станів: відмови або працездатності. отже,

$$P(t) + Q(t) = 1; Q(t) = 1 - P(t), \quad (2.18)$$

де

$Q(t)$ - ймовірність відмови системи, яка визначається за виразом:

$$Q(t) = 1 - \prod_{i=1}^n P_i(t) \quad (2.19)$$

При довільному законі розподілу часу напрацювання до відмови для кожного з елементів:

$$P_i(t) = e^{-\int_0^t \lambda_i(t) dt}, \quad (2.20)$$

де

$\lambda_i(t)$ - інтенсивність відмов i -го елемента.

Ймовірність безвідмовної роботи системи відповідно запишеться:

						Арк
						49
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

$$P(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\int_0^t \lambda_i(t) dt} \quad (2.21)$$

За останнім виразом можна визначити ймовірність безвідмовної роботи системи до першої відмови при будь-якому законі зміни інтенсивності відмов кожного з n елементів у часі.

Для найбільш часто застосовуваної умови $\lambda_i(t) = \text{const}$ вираз для ймовірності безвідмовної роботи системи набуде вигляду:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i\right)t}, \quad (2.22)$$

де

$\sum_{i=1}^n \lambda_i$ можна уявити як інтенсивність відмов системи, зведеної до еквівалентного елементу з інтенсивністю відмов:

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i = \text{const} \quad (2.23)$$

Для нашого випадку розрахунок надійності системи буде виробляти в розрахунку на 1 рік. У розрахунку будемо використовувати номінальні значення інтенсивності відмов елементів.

Дані для визначення інтенсивності відмов наведені в табл.2.1

						Арк
						50
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

Таблиця 2.1 – Визначення інтенсивності відмов

№п/п	Найменування елемента	Кількість елементів, шт.	Інтенсивність відмов при нормальному режимі роботи, $\lambda_{01} \cdot 10^6 \text{ 1/год}$	Інтенсивність відмов, $\lambda_{01} \cdot 10^6 \text{ 1/год}$
1	Генератор	1	0,35	0,35
2	Резистор	32	0,043	1,376
3	Мікросхема	5	0,013	0,065
4	Транзистор	4	0,84	3,36
5	Діод	5	0,2	1
6	конденсатор	16	0,06	0,9

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i = (0,35 + 1,376 + 0,065 + 3,36 + 1 + 0,9) \cdot 10^{-6} = 7,05 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год}$$

Розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи протягом заданого напруцювання (8760 годин).

$$P(t) = e^{-7,05 \cdot 10^{-6} \cdot 8760} = e^{-0,062} = 0,94$$

Середній час напруцювання до відмови дорівнює:

$$T = \frac{1}{\lambda_0} = \frac{1}{7,05 \cdot 10^{-6}} = 1,42 \cdot 10^5 \text{ год (приблизно 16 років)}$$

Таким чином, розрахунок показав, що надійність схеми досить висока.

Висновки до розділу

У межах другого розділу даного дипломного проекту здійснено дослідження технічних параметрів розроблюваної електронної системи виявлення перешкод, визначено основні функціональні напрямки використання, розроблено структурну схему системи, здійснено підбір обладнання та розрахунок основних параметрів електричної схеми.

						Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		52

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Розробка схеми структурної установки для дослідження параметрів електронної системи виявлення перешкод

Для експериментальної перевірки запропонованих рішень була зібрана плата основного модуля і встановлена в обраний корпус, який раніше вже використовувався при власних розробках. На корпусі були змонтовані роз'єм живлення, підключення лінії CAN і один роз'єм для підключення комплекту випромінювач-приймач. Зовнішній вигляд друкованої плати основного модуля наведено на рисунку 3.1, а зібраного модуля в корпусі – на рисунку 3.2.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд друкованої плати основного модуля



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд друкованої плати основного модуля з акумуляторами

Також здійснимо підключення сонячних батарей та далекомір.

Ультразвуковий датчик дозволяє виявляти перешкод на шляху при русі. Датчик розташований на передній частині. Arduino зчитує інформацію з датчика і вирішує яка сторона більш сприятлива для подальшого руху.

Датчик має три контакти GND, сигнал і 5V. Жавлення 5V підключають до живлення 5V Arduino, GND до GND, а сигнал до 7 контакту Arduino.

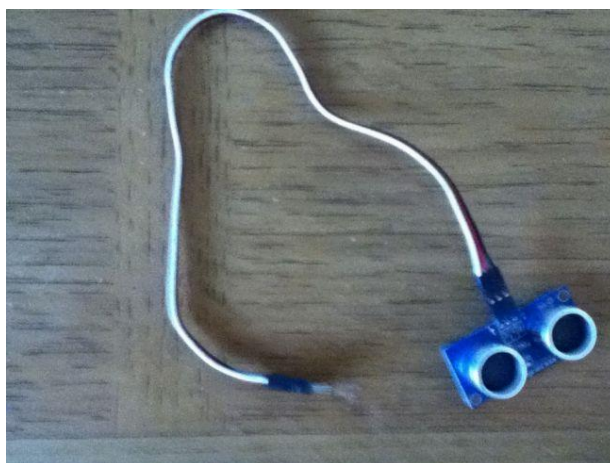


Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд далекоміра



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд далекоміра у зборі з платою



Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд далекоміра у зборі з платою та дротом підключення сонячної батареї

Arduino отримує живлення через батарею, підключається вона у відповідний роз'єм. Система живлення складається з чотирьох батарейок типу D, які встановлюються вони в утримувач батарейок та системи автономного живлення у вигляді сонячного модулю, який підключається у ланцюг живлення.

Також на макетній платі передбачена можливість установки інтерфейсів RS-232 і RS-485 для обміну даними з PC-сумісними ЕОМ і іншими системами, обладнаними даними інтерфейсами.

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		55

Для спрощення схеми при макетування для живлення основного модуля використовувалося стабілізоване джерело напругою 5В, мікросхема лінійного стабілізатора на 5В не встановлюється. Відповідно, для живлення вихідного підсилювача ультразвукових імпульсів також використовувалося джерело 5В.

Розробка програмного забезпечення для випробувань макетного модуля.

Для проведення випробувань використовували тестове низькорівневе програмне забезпечення. Як впливає з постановки завдання, воно повинно виконувати наступні функції:

- виконати при включенні живлення первинне налаштування апаратної частини мікроконтролера;
- періодично запускати цикл вимірювання в ПЛІС. При надходженні сигналу закінчення циклу вимірювань вважати дані з внутрішнього лічильника ПЛІС у внутрішній буфер в пам'яті мікроконтролера;
- при надходженні запиту по шині CAN передавати значення виміряного часового інтервалу проходження ультразвукового імпульсу з буфера пам'яті в зовнішню систему.

Для найбільш раціонального використання обчислювальних ресурсів мікроконтролера, структура будувалася на основі обробки подій. Таким чином, структура мікроконтролера була розділена на 4 програмних модуля. Запуск кожного з модулів прив'язано до певних подій, що, зокрема, було реалізовано через систему апаратних переривань і систему пріоритетів.

Функції модулів:

Модуль початкової ініціалізації: він виконується при першому включенні пристрою. Він виконує початкову настройку устаткування, переривань.

Обробник таймера циклічних вимірювань: для проведення періодичних вимірювань відстані доцільно використовувати один з таймерів

						Арк
						56
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

мікроконтролера в якості джерела подій для виконання періодичних циклів ініціалізації процесу вимірювання. Таймер викликає переривання з певним тимчасовим інтервалом, і обробник подає сигнал START на вхід ПЛІС.

Обробник сигналу готовності даних: при надходженні сигналу DRDY зчитує 16-бітові дані з лічильника ПЛІС в ОЗП.

Обробник переривання CAN: при надходженні із зовнішньої системи запиту передає лічені значення часу по інтерфейсу CAN.

Опис програмних модулів для основного модуля ультразвукової системи вимірювання дальності.

Нижче наводиться деталізований опис розроблених програмних модулів.

Модуль початкової ініціалізації. Цей модуль виконується одноразово при включенні живлення системи. Текст підпрограми наведено в додатку А.

Дії, що виконуються модулем:

- відключення вбудованого АЦП мікроконтролера, який за замовчуванням включений і входи якого при цьому працюють замість портів вводу виводу загального призначення;
- настройка ліній портів вводу-виводу загального призначення у відповідність з виконуваними ними функціями;
- встановлення пріоритетів переривань для вбудованих апаратних засобів мікроконтролера;
- дозвіл апаратних переривань.

Модуль таймера циклічних вимірювань. Обробник таймера циклічних вимірювань: виконується по переповненню таймера 1. Текст підпрограми наведено в додатку Б. Програмний модуль запускається за умови появи прапора переривання PIR1bits.TMR1IF і виконує наступні операції:

- робить вибір робочого каналу вимірювання, подаючи на адресні лінії A0 і A1 сигнали у відповідності з номером каналу.
- формує короткий імпульс Start, що запускає в ПЛІС цикл вимірювання.

						Арк
						57
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

– скидає прапор переривання від таймера, готуючи таким чином виконання наступного циклу вимірювань.

Дії, безпосередньо пов'язані з формуванням сигналів для ПЛІС винесені в окрему процедуру MeasureCycle. Так як в даному випадку необхідно забезпечити вимірювання тільки по одному каналу, то номер каналу буде завжди дорівнювати 0.

Модуль обробки сигналу. Обробник сигналу готовності даних: зчитує 16-бітові дані з вихідного регістра лічильника тимчасового інтервалу, що знаходиться в ПЛІС, буферні комірки пам'яті мікроконтролера. Текст підпрограми також наведено в додатку Б. Для зчитування всіх двох байт даних через 8-розрядний порт вводу-виводу мікроконтролера проводиться перемикання мультиплексора даних ПЛІС. Виконуються послідовно дії:

- вибір старшого байта даних установкою сигналу L/H високого рівня;
- зчитування байту даних через порт RD;
- вибір молодшого байта даних установкою сигналу L/H низького рівня;
- зчитування байту даних через порт RD в іншу комірку пам'яті.

Підпрограма виконується при встановленому прапорі зовнішнього переривання INTCONbits.INT1IF, який встановлює сигнал DRDY. Для забезпечення оперативного зчитування значення виміряного тимчасового інтервалу дане переривання також має високий пріоритет.

Слід зазначити, що запуск чергового циклу вимірювань повинен здійснюватися тільки після зчитування попереднього значення виміряного тимчасового інтервалу, в іншому випадку лічені дані будуть спотворені. Для виключення можливості виникнення подібної ситуації обробник цього переривання і обробник таймера розташовані один за одним по ходу виконання програми. При виникненні одного з високопріоритетних переривань спочатку проводиться перевірка активності прапора INT1IF.

						Арк
						58
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

Якщо він встановлений, виробляється зчитування, і тільки після цього, якщо необхідно, запуск нового циклу вимірювань.

3.2. Методика експериментальних досліджень, порівняння отриманих результатів з розрахунковими параметрами

Проводилося визначення відстані до різних об'єктів і результат спостереження виводився на індикаторі приймального вузла. (рис. 3.6), у нашому випадку через Ноутбук. В якості перешкоди використовувалися об'єкти з різними коефіцієнтами відбиття ультразвуку, як, наприклад, скло, картон, тканина.



Рисунок 3.6 – Макетні випробування системи виявлення перешкод с перешкодою зі скла

Результати перевірки підтвердили працездатність пристрою в цілому. При цьому були отримані оцінки технічних характеристик пристрою для різних поверхонь, що відбивають, які наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Експериментальні технічні характеристики електронної системи виявлення перешкод

Параметр	Скло	Картон	Вовняна тканина
Мінімальна вимірювана відстань, м	0,1	0,1	0,1
Максимальна стійко вимірювана відстань, м	1,5	1	0,25
Роздільна здатність, м	0,02	0,02	0,02

Отримані результати відповідають вимогам, викладеним раніше, і узгоджуються з теоретичними для випадку поверхні, що добре відбиває. Разом з тим, з отриманих даних впливає максимальна відстань виявлення перешкоди сильно залежить від коефіцієнта відбиття, тобто від матеріалу з якого складається перешкода.

Висновки до розділу

З цих результатів впливає ряд висновків, важливих для проектування систем, що включають в себе ультразвукові вимірювачі відстаней:

- використання ультразвукових вимірювачів відстані без використання додаткової підтримки виправдано тільки у випадку, якщо умови роботи системи чітко обумовлені (що відображає здатність об'єктів, межі вимірювання відстані до них);

- використання вимірників у динамічно мінливих умовах роботи без додаткової підтримки не гарантує отримання заявлених результатів. Подібна ситуація має місце, зокрема, при використанні робототехнічних комплексів і систем у польових умовах. Однак, залежність параметрів від умов роботи в рівній мірі властива іншим типам вимірювачів відстані (відео, лазерні). Звідси впливає, що використання ультразвукових датчиків в даному застосуванні доцільно використовувати спільно з іншими типами

вимірювачів відстані. Це дозволяє компенсувати розбіжності у можливостях датчиків і забезпечити запас надійності системи в цілому;

– виходячи з вищесказаного, представляє інтерес визначення оптимальних комбінацій типів датчиків для використання в мобільних системах, а також оптимальних способів їх комбінування.

Разом з тим, отримані результати підтвердили працездатність запропонованих схемотехнічних і програмних рішень, що дозволило перейти до натурних випробувань розробленого модуля.

						Арк
						61
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

4. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Розробка плати друкованої електронної системи виявлення перешкод

При конструюванні РЕА на друкованих платах використовують наступні методи:

- моносхемний метод;
- схемно-вузловий метод;
- функціонально-вузловий метод.

Моно схемний метод застосовується для нескладної РЕА. У цьому випадку уся електрична схема розташовується на одній печатній платі. Моно схемний метод має обмежене використання, тому що у складних схемах розташування усіх елементів на одній печатній платі ускладнює налаштування і ремонт РЕА.

В залежності від габаритних розмірів печатної плати і допустимих відхилень лінійних розмірів елементів провідникового рисунку визначені чотири класи точності печатних плат.

За результатами розрахунку печатної плати було визначено мінімальну ширину печатного провідника. Вона складає 0,25 мм. Така товщина провідника відповідає номінальній товщині провідника 3 класу точності згідно до таблиці 12.6 [5]. Враховуючи те, що печатна плата буде виготовлена субтрактивним методом, для якого розподільча здатність складає 0,2-3 мм, збільшимо мінімальну ширину печатного провідника у два рази, що становить $\approx 0,5$ мм. Таким чином печатну плату тепер можна віднести до другого класу точності, що зменшить її собівартість за рахунок використання більш дешевих технологічних процесів при її виготовленні.

По класу щільності провідникового рисунку печатні плати поділяються на три класи: 1-й клас характеризується найменшою щільністю печатного малюнку, 2-й і 3-й – підвищеною і високою щільністю відповідно. Печатна

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		62

плата використана у конструкції джерела живлення, відноситься до першого класу щільності, так як має ширину печатних провідників 0,5 мм, що відповідає малій щільності. Крім того, використання печатної плати першого класу щільності має наступні переваги:

- провідниковий малюнок витримує струм понад 300 мА, що у два рази більше, ніж у печатних плат, які мають другий клас щільності провідникового малюнку, для них максимально допустимий струм становить 150 мА;
- провідниковий малюнок має менший погонний опір, близько 1,5 мОм/мм, що у два рази менше, ніж у печатних плат другого класу щільності провідникового малюнку (3,3 мОм/мм), і забезпечує менші втрати енергії в печатних провідниках.

Таким чином печатну плату для джерела живлення будемо виготовляти за другим класом точності і першим класом щільності провідникового малюнку.

Виходячи з особливостей електричної схеми, елементної бази розроблюваного устрою і конструктивних характеристик друкованої плати згідно ОСТ 4.ГО.054.043 і ОСТ 4.ГО.054.058 для виробництва друкованої плати вирішено застосувати такі методи виготовлення: комбінований (позитивний і негативний), хімічний, з металізацією наскрізних отворів.

Комбінований метод полягає в отриманні друкованої плати методом хімічного травлення з наступною металізацією монтажних отворів гальвано-хімічним способом. Перевагою даного методу є можливість одночасного отримання друкованого монтажу і металізованих монтажних отворів. До недоліку можна відкинути дворазовий вплив хімічних реагентів на ізоляційну підставу в процесах травлення, металізації отворів, що знижує електричні властивості ізоляційної підстави плати.

У якості матеріалу друкованої плати був обраний склотекстоліт марки СФ2-35-2.0.

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		63

При розробці конструкції будь-якого виробу вихідними даними є технічне завдання та схема електрична принципова з переліком елементів. Виходячи з цього визначаємо клас, групу та підгрупу використання розроблюваного виробу.

Даний прилад відноситься до класу наземної РЕА, до стаціонарної групи та побутової підгрупи. Побутова РЕА в залежності від умов експлуатації та категорії розміщення поділяється на 4 групи виконання.

По типу елементної бази та структури конструкції система виявлення перешкод відноситься до РЕА третього покоління (РЕА-III), і є апаратурою, виконаною на основі ІМС першого та другого ступеню інтеграції, багатошарового печатного монтажу, мініатюрних ЕРЕ. Введення ІМС забезпечує ряд переваг, пов'язаних з подальшим зменшенням використовуваної потужності, маси, габаритних розмірів, ростом надійності, спрощенням проектування, виготовлення і обслуговування РЕА.

При конструюванні приладу будемо застосовувати метод моно конструкцій, так як використання функціонально-вузлового методу не доцільно через простоту схеми.

Тип внутрішнього електричного монтажу апарата був визначений внаслідок аналізу використаної елементної бази, робочого діапазону частот та умов експлуатації. Також було враховано, що електричні з'єднання чинять суттєвий вплив на надійність виробу, а також що без мініатюризації усіх електричних з'єднань не можливо достатньо зменшити габаритні розміри приладу, навіть якщо в ньому використовуються мікросхеми та мікро зборки.

Електричний монтаж печатної плати приладу виконаний пайкою, припоєм марки ПОС-40 ГОСТ 21931-76. Це олов'яно-свинцевий припій, який набагато дешевший за аналогічний припій ПОС-61, так-як у своєму складі має менше дефіцитного кольорового металу – олова. Для якісного монтажу використовують флюси, які розчиняють оксидну плівку на поверхні місця пайки, покращуючи міцність паяного контакту. Для пайки будемо використовувати флюс КЕ (каніфоль – 15....28%, спирт етиловий – решта),

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		64

який дешевий і широко розповсюджений. Застосування пайки забезпечує високу надійність контакту, стійкість роботи радіоелементів, ремонтпридатність і технологічність печатної плати.

Конструкція корпусу повинна забезпечувати:

- високу технологічність;
- нормальний тепловий режим;
- безпечні умови для обслуговуючого персоналу;
- високі ергономічні характеристики;
- зручне розміщення всіх складових частин приладу;
- стійкість до різноманітних впливів в заданих умовах експлуатації.

Для захисту апарату від механічних впливів, які зазнають і стаціонарні РЕА під час транспортування до місця експлуатації, в конструкції передбачені ребра жорсткості, печатна плата має п'ять точок кріплення, апарат встановлюється на амортизатори з пружної гуми, які розташовані у ніжках основи. Гумові амортизатори компактні, легкі і мають низьку вартість. Для збільшення міцності, а особливо, ударостійкості в конструкції використовується матеріал з підвищеною пластичністю.

Печатні плати даної конструкції виготовлені фото субтрактивним методом. Субтрактивний метод оснований на травленні фольгованого діелектрика. Цей метод простий і забезпечує високу розподільчу здатність і щільність монтажу, але низька надійність паяних з'єднань, часто призводить до їх розриву. При субтрактивному методі неможливо отримати двосторонню печатну плату без використання пустотілих заклепок і інших з'єднувальних деталей, які у цілому знижують надійність виробу.

Розміщення електрорадіоелементів з однієї сторони печатних плат дозволяє застосувати операцію групової пайки, що є дуже важливим для серійного виробництва.

Під час компановки печатної плати були взяті до уваги критерії двох мінімумів: мінімуму перетинів і мінімуму довжини зв'язків; перша умова

					Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат	65

означає і мінімум перехідних отворів, що забезпечує технологічність по мінімуму кількості шарів; друга умова означає максимум зв'язків між сусідніми елементами. Розроблений в результаті трасування з'єднань провідниковий малюнок печатної плати відповідає схемі електричній принциповій, усім конструктивним, технологічним та електричним вимогам, забезпечує нормальну роботу схеми при відповідних умовах експлуатації та зручність складально-монтажних і регулювальних робіт.

Установка електрорадіоелементів на печатній платі здійснюється у відповідності до ОСТ 4.010.030-81 та регламентується умовною координатною сіткою з двох взаємо перпендикулярних систем паралельних ліній, розташованих на однаковій відстані одна від одної.

Ця відстань – крок координатної сітки, котрий для даної конструкції печатної плати обраний 2,5 мм.

Прилад відноситься до РЕА з полегшеним тепловим режимом, тому відвід тепла з нагрітої зони може здійснюватися за допомогою повітря. Природне охолодження РЕА є найбільш простим, надійним і дешевим способом, так як здійснюється без витрат додаткової енергії. Конвективний теплообмін здійснюється поміж нагрітими елементами і повітрям за рахунок енергії, розсіюваної цими елементами.

Вологостійкість даного приладу забезпечується головним чином за рахунок використання вологостійких електрорадіоелементів та елементів конструкції. Щоб запобігти проникненню вологи та пилу всередину корпусу приладу, з'єднання основи з кришкою приладу здійснюється через гумову прокладку. Для збільшення вологостійкості печатна плата після настроювання покривається спеціальним волого захисним лаком УР-231, при цьому захист є дуже ефективним, якщо деталь покривається лаком кілька разів.

Усі механічні з'єднання конструкції виконані за допомогою з'єднань, які дозволяють вести демонтаж, регулювання та швидку заміну без руйнування деталей чи матеріалу, який їх з'єднує.

						Арк
						66
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

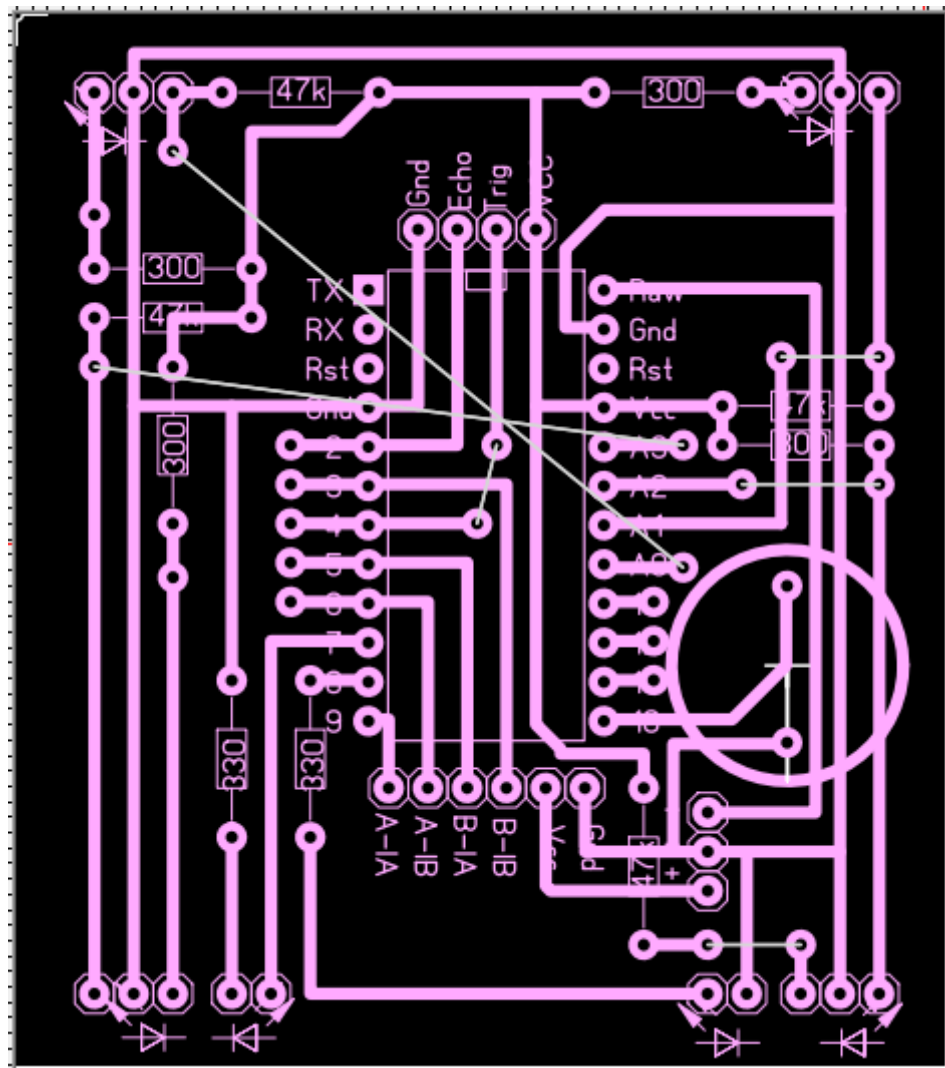


Рисунок 4.1 – Креслення друкованої плати

В розробленій конструкції поміж окремими частинами схеми відсутні паразитні електричні взаємозв'язки, які впливають на технічні характеристики виробу; теплові та механічні впливи елементів конструкції не погіршують їх технічні характеристики. Взаємне розміщення елементів конструкції забезпечує технологічність складання та монтажу з урахуванням використання автоматів та напівавтоматів, і також легкий доступ до деталей які підлягають контролю, ремонту та обслуговуванню. Розміщення та конструкція органів керування та інших пристроїв забезпечує максимальну зручність для оператора. Конструкція має високу надійність та

						Арк
Змн	Арк	№ док.ум.	Підпи	Дат		67

ремонтпридатність, хороші технічні, технологічні та експлуатаційні характеристики, відповідає потребам техніки безпеки.

На прямокутному шматочку картону збираємо майбутні деталі. Елементи живлення ідеально розташовуються з боків від контролера, в подальшому їх буде дуже легко замінити.

Розробку самої друкованої плати робимо в програмі Sprint-Layout v5.0.

4.2. Технологічний процес виготовлення друкованої плати електронної системи виявлення перешкод

Інформаційною основою техпроцесу, що розробляється є типові технологічні процеси. При цьому використовуються такі нормативні документи:

- ОСТ 4.ГО.054.264. Підготовка навісних елементів до монтажу. Типові технологічні процеси.
- ОСТ 4.ГО.054.265. Установка ЕРЕ на друковані плати. Типові технологічні операції.
- ОСТ 4.ГО.054.267. Пайка електромонтажних з'єднань. Типові технологічні операції.
- ОСТ 4.ГО.054.089. Пайка монтажних з'єднань. Типові технологічні процеси.
- ОСТ 4.ГО.054.010 Збирання і пайка вузлів на друкованих платах. Типові технологічні процеси.

Технологічний маршрут виготовлення друкованого вузла

Технологічний маршрут складається з наступних етапів:

- 1) Виготовлення підстави (підкладки). Діелектрична підстава виготовляється з фольгованого склотекстоліту СФ-2-35 комбінованим позитивним методом з металізацією наскрізних отворів.

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		68

1.1) Розкрий матеріалу на заготовки, на фрезерному верстаті з використанням дискової фрези.

1.2) Виконання базових отворів свердлінням або пробивкою. Пробивання виконується на кривошипних пресах або спеціальних пристроях.

1.3) Свердління отворів на верстаті «ЧПУ СМ-600» для створення монтажних з'єднань.

1.4) Очищення внутрішньої поверхні отворів методом гідроабразивної обробки або методом випалювання в плазмі.

1.5) Підготовка плоских поверхонь заготовки механічними методами для подальшої металізації. Ручну механічну підготовку поверхонь здійснюють за допомогою суміші віденського вапна зі шліфувальним порошком №4 під струменем води вручну в раковині-мийці. Механізовану механічну підготовку поверхні виробляють обертовими капроновими або нейлоновими щітками, на які подається струмінь абразивної суспензії того ж складу, заготівля при цьому переміщається за допомогою Валікова конвеєра.

1.6) механічна обробка: обрізка технологічного обрамлення, свердління отворів для кріплення на фрезерному верстаті з ЧПУ.

2) Виготовлення захисної маски (перша фотолітографія). При виготовленні друкованої плати присутня група процесів, що забезпечують виготовлення захисних масок, що закривають пробільні місця при металізації. Для виготовлення таких масок використовують фотошаблони, аналогом яких є негатив чи позитив. Фотошаблон має технологічне поле, на якому поміщається базовий отвір для точного розміщення провідної плати, що пройшла механічну обробку; фотозображення технологічної рамки для забезпечення рівномірного по площі осадження металу при металізації; зображення спеціальних випробувальних елементів для контролю якості зображення.

2.1) Нанесення фоточутливого шару СПФ-2 (сухий плівковий фоторезист) на фольговану поверхню плати, здійснюється виробничим методом накатки за допомогою ламінатора. Ламінатор забезпечує одночасне

					Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат	69

відділення про т СПФ-2 захисної поліетиленової плівки і приклеювання СПФ-2 до поверхні фольги плати під дією температури (від 105 до 150 ° С).

2.2) Формування маски малюнка, що проводить.

2.2.1) Випуск керуючих програм експонування фотошаблону для обладнання з ЧПУ.

2.2.2) Проекційне експонування. Здійснюється за допомогою координатографа.

2.2.3) Прояв еталонного фотошаблону. Контрольні фотошаблони виконуються на скляних фотопластинках або фотоплівках з усадкою не більше 0,01-0,03% типу ФТ-41П.

2.2.4) Контактне експонування робочих фотошаблонів. Робочі фотошаблони виготовляються на попередньо термостабілізованих фотоплівках типу ФТ-40.

2.2.5) Прояв фотошаблону.

2.2.6) Пробивання базових отворів у Фотошаблони з використанням пробивного штампа.

2.2.7) Поєднання заготовки плати з фотошаблоном, використовуючи базові штирі технологічної оснастки.

2.3) Контактне експонування фоторезиста на заготовках. При експонуванні в УФ випромінюванні відбувається полімеризація фотополімера, розташованого під прозорими ділянками фотошаблону, що робить ці ділянки нерозчинними в проявнику.

2.4) Прояв фоторезиста (утворення захисної маски для металізації ПП). Найбільш ефективним способом прояви СПФ-2 є рясне обмивання поверхні зустрічними потоками проявника, який після проходження через робочу камеру дистилюється і знову надходить в установку. Як проявника використовується кальцинована сода. Заготовки плат після прояву омиваються водою, яка після виділення з неї залишків розчинника в спеціальному відстійнику може бути знову використана для промивання плат. Після прояви залишок СПФ-2 повинен бути твердим, блискучим, із

						Арк
						70
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

суцільним покриттям на поверхні заготовки, без проколів та інших дефектів покриття.

3) субтрактивне формування планарних елементів конструкції.

3.1) Попередня хімічна металізація до товщини 0,5 мкм. Полягає в послідовності хімічних реакцій осадження міді, яку використовують як підшару при нанесенні основного шару.

3.2) Гальванічна металізація міддю, нарощування провідників до 25 мкм. Металізуюча плата, закріплені на спеціальних підвісках-струмопроводах, поміщають в гальванічну ванну з електролітом між анодами. Підвіска з платами виконує функції катода. Для електролітичного осадження металу на платах необхідна їх ретельна підготовка, що забезпечує повне змочування електролітом поверхні, яка підлягає металізації, і створення надійного електричного контакту з платами (катадами) і анодами.

3.3) Виготовлення захисної маски (другої) зі сплаву ОС-61 шляхом гальванічної металізації друкованих поверхні міді, незахищеною першою маскою. Осадження покриття ОС-61 виробляють у електролітах. Процес ведуть при кімнатній температурі і швидкості осадження 1 мкм / хв.

3.4) Виготовлення ізольованих прогалин малюнка, що проводить.

3.4.1) Зняття першої захисної маски (видаляється за допомогою розчинника).

3.4.2) Травлення мідною фольгою на пробільних місцях. Травлення може бути виконано шляхом занурення плати у травильний розчин. Для травлення міді з плат, малюнок, що проводить яких захищений покриттям ОС-61, застосовують розчин на основі персульфата амонію. Розчин використовують при температурі 50-55 ° С до насичення міддю 45-60 г / л.

3.4.3) Очищення поверхні від травителя. Протруєну ДП необхідно негайно промити, так як травильний розчин, що залишився на ній, продовжує діяти і після видалення плат з травителя, що може привести до збільшеного підтравлення. Безпосередньо після травлення ще вологі плати ретельно промивають водою, а потім висушують.

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		71

3.4.4) Освітлення поверхні малюнка, покритого сплавом ОС-61. Поверхня олово-свинець після травлення піддається освітленню при температурі 18-25 ° С протягом 5-7 хв.

3.4.5) Оплавлення сплаву ОС-61 на поверхні малюнка. Оплавлення покриття за допомогою рідких теплоносіїв виробляють в спеціальних лініях з агрегатами флюсування, оплавлення, вирівнювання шару сплаву олово-свинець ламінаторним потоком нагрітого повітря і рідини, промивання. Оплавлення покриття інфрачервоним випромінюванням виробляють на конвеєрних установках типу РС-4520 фірми «ARGUS ENGINEERING».

3.5) Нанесення фотополімеризуючої композиції (ФПК) методом поливу.

3.6) Контроль якості ДП. Під якістю плат розуміють ступінь відповідності їх кресленням, встановленим стандартам і ТУ при найменших витратах. Оцінка якості плат повинна враховувати співвідношення конкретних техніко-експлуатаційних характеристик і вартості їх досягнення, так як підвищені показники призводять до значного подорожчання виробу. Якість поверхні характеризується геометричними і фізичними параметрами. З геометричної точки зору якість поверхні визначається відхиленнями реальної поверхні від ідеальної (шорсткості, макронерівності і хвилястості). З фізичної точки зору якість поверхні оцінюється станом поверхневого шару.

4) Складання конструктиву.

4.1) Формування виходів елементів.

4.2) Утикання виходів елементів і роз'ємів в монтажні отвори на платі.

4.3) Пайка хвилею припою. Цей метод пайки відноситься до групових методів пайки, особливістю яких є одночасне виконання великого числа монтажних з'єднань. Пайка хвилею припою є процес, при якому нагрів матеріалів, що паяються, що переміщуються над ванною, і подача припою до місця з'єднання здійснюється стоячою хвилею припою, що порушується в ванні. При пайці хвилею припою усувається можливість швидкого окислення

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		72

припою і температурних деформацій плати. Постійний контакт плати з припоєм забезпечує швидку подачу теплоти, що скорочує час пайки.

4.4) Відмивання і сушка. Відмивання проводиться в ультразвуковій системі очищення «m 80» виробництва компанії FinnSonic. Сушка проводиться природним шляхом.

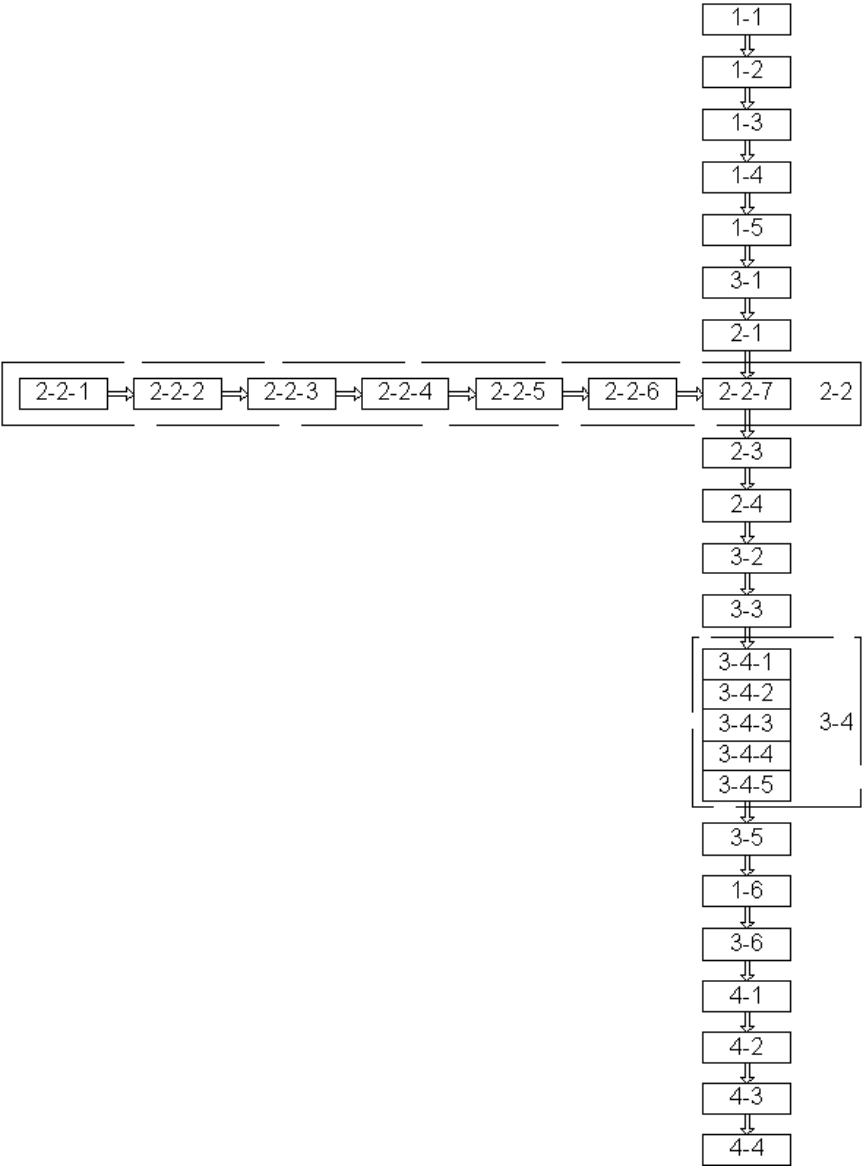


Рисунок 4.2 – Схема технологічного маршруту

Після того як плата буде витравлена, упаюємо спочатку, перемички, потім опір і інші деталі (рис. 4.3). Мікроконтролер вставляється в спеціальні

панельки – це спростить ремонт та обслуговування. УЗ датчик відстані з-за своїх розмірів довелося впаяти в плату.



Рисунок 4.3 – Монтаж елементів на друкованій платі

Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат

4.3. Аналіз технологічності конструкції

Під технологічністю виробу розуміємо сукупність властивостей конструкції, котрі визначають її пристосування до раціонального витрачання трудових та матеріальних ресурсів під час підготовки до виробництва та промислового випуску в заданому обсязі, а також під час технічного обслуговування та ремонту в процесі експлуатації. Відповідно розрізняють виробничу та експлуатаційну технологічність.

Виробнича технологічність включає комплекс вимог:

- ріст застосування (серійності) виробу та його складових частин за рахунок стандартизації і уніфікації; під обсягом застосовності розуміють число деталей чи збірних одиниць одного номеру креслення всієї продукції підприємства; чим вищий обсяг застосовності, тим більш виправдане використання дорогого обладнання, яке дозволяє отримати високу продуктивність при високій якості продукції, яка виробляється;
- обмеження номенклатури складових частин конструкції і використаних матеріалів;
- застосування високовиробничих та маловідходних технологічних рішень, основаних на типізації технологічних процесів, використання стандартних засобів технологічного оснащення, досягнення раціонального рівню механізації і автоматизації праці у виробництві;
- використання конструкторських рішень, які дозволяють знизити витрати на доступ до складових частин, їх установку та зняття, забезпечують взаємозаміну (мінімальну потребу у регулювальних та ремонтних операціях під час заміни частин конструкції);
- застосування обґрунтованих гатунків і марок матеріалів, які дозволяють знизити матеріалоемність виробу.

Експлуатаційна технологічність пред'являє як загальні, вже розкриті вище, так і спеціальні вимоги:

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		75

– використання конструкторських рішень, які дозволяють знизити витрати на транспортування виробу, проведення підготовки до використання по призначенню, техконтроль та експлуатацію;

– використання конструкторських рішень, які полегшують умови технічного обслуговування та ремонту при обмежених вимогах до кваліфікованого персоналу, який виконує технічне обслуговування та ремонт; забезпечення запчастинами, інструментом, приладами.

Упровадження стандартизації та уніфікації забезпечує наступні переваги:

– значне скорочення термінів і вартості проектування, і підготовки виробництва;

– скорочення номенклатури вживаних в виробництві складових частин, збільшення обсягів використання;

– можливість організації спеціалізованого виробництва стандартних та уніфікованих складальних одиниць для централізованого забезпечення підприємств у галузі;

– спрощення обслуговування та ремонту РЕА.

Конструкцію приладу можна вважати технологічною, так як в ній забезпечено легкий доступ до всіх складових частин виробу, в якості матеріалу печатної плати застосовано високотехнологічний и порівняно недорогий матеріал скло текстоліт. Застосування одно типових елементів та їх розташування на платі дозволяє, за умови необхідного обладнання, автоматизувати процес встановлення майже усіх елементів на печатну плату. Усі ці фактори дозволяють знизити собівартість виробу.

Оцінку комплексних показників технологічності конструкції можна провести по конструктивним і технологічним базовим показникам.

Для розрахунку технологічності заповнюємо таблицю 4.1 з початковими даними потрібними для подальшого розрахунку:

Таблиця 4.1

						Арк
						76
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

	Назва початкових даних	Позначення
1	Кількість мікросхем	Н _{мс} = 3
2	Загальна кількість елементів	Н _{мс} + Н _{ере} = 87 + 3 = 90
3	Кількість монтажних з'єднань	Н _{м.} = 189
4	Кількість механізованих з'єднань	Н _{а.м.} = 189
5	Загальна кількість ЕРЕ	Н _{ере} = 87
6	Кількість ЕРЕ, підготовлених механічним методом	Н _{мп.ере} = 90
7	Кільк. операцій контролю і настроювання, які здійснено механізованим способом	Н _{м.к.н.} = 1
8	Загальна кількість операцій контролю і настроювання	Н _{к.н.} = 2
9	Типорозміри ЕРЕ	Н _{т.ере} = 16
10	Кількість типорозмірів оригінальних ЕРЕ	Н _{т.ор.ере} = 0
11	Кількість деталей	Д = 4
12	Кількість деталей, які отримано прогресивними методами формоутворення (штампування, лиття,...)	Д _{пр.} = 4

Виконуємо розрахунок частних показників:

1. Коефіцієнт використання мікросхем:

$$K_{\text{мс.}} = H_{\text{мс.}} / (H_{\text{мс.}} + H_{\text{ере.}}) \quad (4.1)$$

$$K_{\text{мс.}} = 3 / 90 = 0,033$$

2. Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу:

$$K_{\text{ам.}} = H_{\text{ам.}} / H_{\text{м.}} \quad (4.2)$$

$$K_{\text{ам.}} = H_{\text{ам.}} / H_{\text{м.}} = 189 / 189 = 1$$

3. Коефіцієнт автоматизації і механізації підготовки ЕРЕ:

$$K_{\text{м.ере.}} = H_{\text{м.ере.}} / H_{\text{ере.}} \quad (4.3)$$

						Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		77

$$K_{M.EPE.} = 90 / 87 = 1,03$$

4. Коефіцієнт автоматизації контролю і наладки:

$$K_{MKH.} = H_{MKH.} / H_{KH.} \quad (4.4)$$

$$K_{MKH.} = 1 / 2 = 0,5$$

5. Коефіцієнт повторення ЕРЕ:

$$K_{T.EPE.} = 1 - H_{T.EPE.} / H_{EPE.} \quad (4.5)$$

$$K_{T.EPE.} = 1 - 16 / 87 = 1 - 0,183 = 0,82$$

6. Коефіцієнт використання ЕРЕ:

$$K_{T.O.EPE.} = 1 - H_{T.OP.EPE.} / H_{EPE.} \quad (4.6)$$

$$K_{T.O.EPE.} = 1 - 0 = 1$$

7. Коефіцієнт формоутворення деталей:

$$K\varphi = D_{пр.} / D \quad (4.7)$$

$$K\varphi = 4 / 4 = 1$$

5. На основі розрахунку частних показників, розраховуємо комплексний досягнутий. Для розрахунку заповнимо таблицю 4.2:

Таблиця 4.2

		№	№	формули	для	Значення	φі	Кі*φі	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат					
									78

показника	обчислень	Ki		
1	(4.1)	0,033	1,0	0,033
2	(4.2)	1	1,0	1
3	(4.3)	1,03	0,75	0,7725
4	(4.4)	0,5	0,5	0,25
5	(4.5)	0,82	0,31	0,2542
6	(4.6)	1	0,187	0,187
7	(4.7)	1	0,11	0,11

де, φ_i – показник вагової значимості. Відомо, що $\sum \varphi_i = 3,857$

Тепер розрахуємо комплексний досягнутий показник технологічності:

$$K_d = \frac{(K_1 \times \varphi_1 + K_2 \times \varphi_2 + \dots + K_7 \times \varphi_7)}{\sum \varphi_i} \quad (4.8)$$

$$K_d = \frac{0,033 + 1 + 0,7725 + 0,25 + 0,2542 + 0,187 + 0,11}{3,857} = 0,67$$

Отже, $K_d = 0,67$

6. Для оцінки рівня технологічності необхідно вибрати нормативний показник технологічності в залежності від типу РЕА і стадії виробничого циклу (Таблиця 4.3)

Таблиця 4.3

Тип локів	Кн		
	Дослідний зразок	Серія, що становиться	Серійне виробництво
Електронні	0,4 - 0,7	0,45 - 0,75	0,5 - 0,8
Радіотехнічні	0,4 - 0,6	0,75 - 0,8	0,8 - 0,85
Електромеханічні	0,3 - 0,5	0,4 - 0,55	0,45 - 0,6

Показник рівня технологічності розраховується за такою формулою:

						Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		79

$$K_y = K_d / K_n$$

Значення K_n візьмемо з таблиці 4.3. Прилад для перевірки трьохфазних двигунів являє собою електронний пристрій, тому будемо розглядати перший рядок таблиці 4.3.(тип блоків – електронні). Так як прилад призначений для побутового використання, він належить до третьої стадії виробничого циклу – серійного виробництва. Тому нормативний показник технологічності $K_n=(0,5\div 0,8)$. Вибираємо значення $K_n=0,7$.

Тепер розрахуємо K_y :

$$K_y = 0,67 / 0,7 = 0,96$$

Якщо $K_y = (0,7-0,9)$,то конструкція потребує доопрацювання і необхідно вказати напрямки доопрацювання (за таблицею часткових показників). Якщо $K_y < 0,7$ – конструкція не технологічна. Якщо $K_y > 0,9$ – конструкція технологічна і не потребує доопрацювання. У даному випадку $K_y > 0,9$, що задовольняє умову $K_y > 0,9$, тому електронна система виявлення перешкод має технологічну конструкцію.

Висновки до розділу

У межах розділу здійснено проектування друкованої плати, складено технологічний процес виготовлення, розраховано основні показники.

Відповідно до розрахунку електронна система виявлення перешкод має технологічну конструкцію.

						Арк
						80
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

5.1. Обґрунтування доцільності розробки і визначення технічної прогресивності електронної системи виявлення перешкод

В даному дипломному проєкті розробляється електронна система виявлення перешкод.

К якості порівняльного аналога розроблювального пристрою розглянемо пристрій СР-3007.

У таблиці 5.1 представлені функціонально-технічні характеристики розроблюваної техніки та її аналога.

Таблиця 5.1 – Функціонально-технічні характеристики

Функціонально-технічна характеристика	Од. вимірюванн	Рівень функціонально-технічних характеристик		Значимість характеристики якості виробу
		Аналог	Техніка, що проектується	
Максимальна напруга зарядженої батареї	В	16	12	0,1
Максимальний струм заряду	А	5	2	0,1
Максимальна споживана потужність	Вт	150	48	0,1
Електробезпека корпусу		ні	є	0,1
Маса	г.	600	300	0,15

При розробці нового виробу важливу роль відіграють функціонально-технічні характеристики розробки, які впливають на якість. Розрахуємо індекс технічного рівня розроблюваної техніки.

Індекс технічного рівня проєктованого виробу розраховується за формулою :

						Арк
						81
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

$$J'_{TY} = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{\alpha_i^0} \mu_i ; \quad (5.1)$$

де

α_i, α_i^0 - рівень і-ої функціонально-технічної характеристики відповідно нового (проектowanego) і базового виробів;

μ_i — значимість і-ої функціонально-технічної характеристики якості виробу;

n — кількість розглянутих функціонально-технічних характеристик.

Індекс технічного рівня КД:

$$J'_{TP} = \frac{20}{16} \times 0,1 + \frac{5}{2} \times 0,1 + \frac{150}{48} \times 0,01 + \frac{600}{300} \times 0,15 + \frac{90}{81} \times 0,15 + \frac{600}{800} \times 0,15 = 1,3$$

Технічний рівень проекowanego виробу розраховується за формулою:

$$J_{TP} = J'_{TP} \cdot (K_B + 1) ; \quad (5.2)$$

де

K_B — коефіцієнт, що відповідає іншій комплектуючій техніці, рівний 0,15.

Отже, технічний рівень проекowanego виробу дорівнюватиме:

$$J_{TP} = 1,3 \cdot (0,15 + 1) = 1,49 .$$

На підставі проведених розрахунків можна зробити висновок, що виріб, який розробляється перевершує свій аналог в 1,49 рази.

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		82

5.2. Визначення показників економічного обґрунтування проектованого виробу

Витрати на проектування і дослідного виробництва нової техніки визначаються за даними бази переддипломної практики за такими статтями витрат:

- основні матеріали;
- комплектуючі вироби і покупні напівфабрикати;
- витрати на спеціальне обладнання;
- заробітна плата розробників і робочих, зайнятих при виготовленні дослідного зразка;
- виплати з єдиного соціального податку;
- контрагентські витрати;
- цехові (лабораторні) витрати;
- загальнозаводські (загальноінститутські) витрати;
- страхові соціальні витрати на виробничий травматизм (0,2-8,5% від ЗП);
- Інші витрати.

Основні матеріали

Для виготовлення проектного виробу необхідні матеріали, витрата яких визначається конструкцією, вартість розраховується за прайс-листами. До основних матеріалів належать припій ПОС-61, флюс, на суму 60 грн.

Комплектуючі вироби та покупні напівфабрикати

У таблиці 5.2. представлені вартість виробів і напівфабрикатів, необхідні для складання одного пристрою.

						Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		83

Таблиця 5.2 – Вартості виробів і напівфабрикатів

Найменування	Сума, грн.
Електропроводи	12
Ізолента ПВХ	40
Корпус	120
Радіоелементи	760
Роз'єми	40
Разом:	972

Витрати на спеціальне обладнання

До витрат на спеціальне обладнання можна віднести витрати на покупку паяльних станцій, необхідних для монтажу елементів на друковані плати.

Для монтажу елементів обрані паяльні станції Welleman WMD3, вартість однієї становить 6413 грн.

Загальна вартість паяльних станцій в кількості 2 шт. : 12826 грн.

Заробітна плата розробників і робочих

Заробітна плата розробників нової техніки і робочих визначається з урахуванням виконання робіт всіх стадій створення нової техніки:

- отримання технічного завдання (ТЗ);
- ескізне проектування;
- розробка схем, конструкцій нової техніки, їх затвердження;
- виготовлення блоків пристроїв проектованої техніки;
- контрольно-випробувальні роботи;
- оформлення та коригування технічної документації.

Денні (місячні, годинні) ставки визначаються на основі посадових окладів працівників і розрядів робіт.

Заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z = \sum_{i=1}^k T_{zi} \bar{\tau}_i, \quad (5.3)$$

де

k — кількість етапів;

T_{zi} — трудомісткість етапу;

$\bar{\tau}_i$ — середня годинна тарифна ставка оплати роботи i -го етапу.

Результати розрахунку заробітної плати представлені в таблиці 5.3.

						Арк
						85
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

Таблиця 5.3

Етап	Трудомісткість	Виконавці		Ставка, τ_i , грн.	Середня ставка, – τ_i , грн.	Заробітна плата, $Z_{осн.i}$, грн.	З урахуванням премії*, Z_i , грн.
		Посада	Чисел				
1. Вивчення ТЗ	4	Провідний інженер	1	1200	1040	4160	5200
		Інженер-розробник I категорії	1	1120			
		Маркетолог	1	800			
2. Технічна пропозиція	4	Інженер-розробник I категорії	1	1120	1036	4144	5180
		Інженер-розробник II категорії	1	952			
3. Ескізне проектування	8	Інженер-конструктор I категорії	1	1120	957,4	7658,7	9573,4
		Інженер-розробник II категорії	1	952			
		Інженер-технолог II категорії	1	800			
4. Технічний проект	12	Інженер-технолог I категорії	1	1024	1072	12864	16080
		Інженер-конструктор I категорії	1	1120			
5. Розробка робочої документації	14	Інженер-розробник III категорії	1	760	760	10640	13300
6. Виготовлення дослідних зразків	6	Інженер-технолог II категорії	1	872	690,7	4144	5180
		Слюсар-монтажник 3 розряду	1	560			
		Фрезерувальник	1	640			
7. Контрольно-випробувальні роботи	4	Провідний інженер	1	1200	1064	4256	5320
		Інженер-випробувач I категорії	1	1120			
		Інженер-технолог II категорії	1	872			
8. Оформлення та коригування технічної документації	6	Провідний інженер	1	1200	1090,7	6544	8180
		Інженер-конструктор I категорії	1	1120			
		Інженер-розробник II категорії	1	952			
РАЗОМ:							68013,4

Виплати по єдиному соціальному податку

Виплати по єдиному соціальному податку (ЄСП) на 2017 рік становлять-22% від фонду оплати праці (ФОП). Отже, виплати по ЄСП:

$$ЄСП = 3 \times 0,22 \quad (5.4)$$

$$ЄСП = 68013.4 \times 0,22 = 17683.48 \text{ грн}$$

Накладні витрати

Витрати, пов'язані з управлінням, купівлею витратних матеріалів, обслуговуванням і комунальними послугами, роботами виконуваними іншими організаціями, становлять -130% від заробітної плати:

$$НВ = 3 \times 1,3 \quad (5.5)$$

$$НВ = 68013.4 \times 1,3 = 88417.42 \text{ грн}$$

Страхові соціальні витрати на виробничий травматизм

Витрати на виробничий травматизм становлять-5% від ФОП:

$$СВПТ = 3 \times 0,05 \quad (5.6)$$

$$СВПТ = 68013.4 \times 0,05 = 3400.67 \text{ грн}$$

Інші витрати

Інші витрати складають приблизно - 7% від ФОП:

$$ІВ = 3 \times 0,07 \quad (5.7)$$

$$ІВ = 68013.4 \times 0,07 = 4760.94 \text{ грн}$$

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
						87
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

На підставі проведених вище розрахунків отримуємо кошторис на розробку і виготовлення дослідного зразка, яка буде мати наступний вигляд (таблиця 5.4.).

Таблиця 5.4 – Кошторис на розробку і виготовлення дослідного зразка

№ п/п	Найменування	Сума, грн.	Питома вага, %
1	Основні матеріали	60	0,03
2	Комплектуючі вироби та покупні напівфабрикати	972	0.5
3	Витрати на спеціальне обладнання	12826	6.54
4	Заробітна плата розробників і робочих	68013.4	34.68
5	Виплати по єдиному соціальному податку	17683.48	9.02
6	Накладні витрати	88417.42	45.08
7	Страхові соціальні витрати на травматизм	3400.67	1.73
8	Інші витрати	4760.94	2.42
Всього \sum_p :		196133.91	100

Питомі витрати на виробництво нової техніки розраховуються за формулою:

$$J_{зр} = \frac{\sum_p}{N}, \quad (5.8)$$

де N – річний обсяг виробництва проектного виробу, шт.

Питомі витрати складають:

$$J_{зр} = \frac{196133.91}{6000} = 32.69 \text{ грн}$$

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		88

Собівартість проектованої техніки визначається орієнтовно питомим методом:

$$C_{HT} = \frac{C_{KH}}{d_{KH}}, \quad (5.9)$$

де

C_{KH} — вартість покупних комплектуючих і напівфабрикатів;

d_{KH} — питома вага вартості покупних комплектуючих і напівфабрикатів у собівартості виробу у %;

$$C_{HT} = \frac{972}{0.5} = 1944 \text{ грн}$$

Річні експлуатаційні витрати враховують лише ті витрати, які зазнають зміни при їх зіставленні з порівняльними виробами.

Розглянуто наступні витрати:

- амортизаційні відрахування;
- витрати на поточний ремонт техніки.

Амортизаційні відрахування визначаються за формулою:

$$A = \frac{Ц_{HT}}{T_C}, \quad (5.10)$$

де

T_C — термін служби техніки;

$Ц_{HT}$ — приблизна ціна нової техніки, яка обчислюється за формулою:

$$Ц_{HT} = C_{HT} \cdot (1 + p_n), \quad (5.11)$$

де

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
						89
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

P_n — коефіцієнт середньої нормативної рентабельності;

Відповідно:

$$C_{HT} = 1944 \times (1 + 0,2) = 2332,8 \text{ грн.}$$

$$A^n = \frac{1944}{5} = 388,8 \text{ грн.}$$

$$A^{\delta} = \frac{4500}{5} = 900 \text{ грн}$$

Витрати на поточний ремонт техніки розраховуються за формулою:

$$P_T = C_{HT} \cdot H_P, \quad (5.12)$$

де

H_P — норматив витрати коштів на ремонт у відсотках від оптової ціни (дорівнює 5%);

$$P_T^n = 1944 \times 0,05 = 97,2 \text{ грн}$$

$$P_T^{\delta} = 4500 \times 0,05 = 225 \text{ грн}$$

Результати розрахунків зведені в таблицю 5.5.

Таблиця 5.4 – Витрати на амортизацію і ремонт

№ п/п	Найменування статей витрат	Сума витрат, грн.	
		аналог	пристрій, що розробляється
1	Амортизаційні відрахування	900	388.8
2	Витрати на ремонт	225	97.2
Всього:		$P_{екс}^{\delta} = 1125$	$P_{екс}^n = 486$

5.3. Відпускна ціна і економічна ефективність проектованої техніки, що має аналог

Економічна ефективність проектованої техніки характеризується ефективністю капітальних вкладень в цю техніку. При цьому враховується її технічний рівень, економічність технічної експлуатації і техніко-економічна прогресивність.

Економічність технічної експлуатації визначається за формулою:

$$J_{\epsilon\epsilon} = \frac{P_{\epsilon\epsilon}^{\delta}}{P_{\epsilon\epsilon}^n} J_{TV}, \quad (5.13)$$

де

$P_{\epsilon\epsilon}^{\delta}, P_{\epsilon\epsilon}^n$ — річні експлуатаційні витрати по базовій і проектованій техніці.

$$J_{\epsilon\epsilon} = \frac{1125}{486} \times 1.49 = 3.44.$$

Рівень техніко-економічної прогресивності техніки:

$$J_n = J_{TV} \cdot J_{\epsilon\epsilon} = 1.49 \times 3.44 = 5.12$$

Далі необхідно визначити економічний ефект від використання нової техніки за формулою:

$$E_{\phi\epsilon} = P_{\epsilon\epsilon}^{\delta} \cdot J_{TV} - P_{\epsilon\epsilon}^n; \quad (5.14)$$

$$E_{\phi\epsilon} = 1125 \times 1.49 - 486 = 1190,25 \text{ грн.}$$

Відпускна ціна розраховується за формулою:

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
						91
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

$$C_{\text{відп}} = C_{\text{відп}}^{\delta} + \epsilon_{\text{фе}} \cdot K_e, \quad (5.15)$$

де

$C_{\text{відп}}^{\delta}$ — ціна базової техніки, яка застосовується в якості аналога для розрахунку відпускної ціни;

K_e — частка корисного ефекту, що враховується в ціні на нову техніку, яка дорівнює 0,7.

$$C_{\text{відп}} = 4500 + 1190,25 \times 0,7 = 5333,18 \text{ грн}$$

Рівень економічної ефективності нової техніки з урахуванням виробничих витрат і обсягу виробництва розраховується за формулою:

$$E_{\text{зн}} = \frac{\epsilon_{\text{фе}}}{C_{\text{відп}} + J_{\text{зр}}}; \quad (5.16)$$

$$E_{\text{зн}} = \frac{1190,25}{5333,18 + 32,69} = 0,22$$

Термін окупності нової техніки розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{1}{E_{\text{зн}}}; \quad (5.17)$$

$$T_o = \frac{1}{0,22} = 4,5 \text{ роки.}$$

Отримане значення економічної ефективності нового пристрою відповідає нормативному, що говорить про доцільність організації виробництва розробленої системи виявлення перешкод.

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		92

5.4. Календарне планування та побудова директивного графіка

Календарне планування робіт з проектування та виготовлення дослідного зразка пристрою здійснюється за директивним графіком на основі даних про трудомісткості робіт. Остаточно структуру трудомісткості окремих етапів визначають, використовуючи дані про види робіт, що підлягають виконанню. Результати наведені в таблиці 5.5.

Час виробничого циклу кожної стадії розраховується за формулою:

$$T_{\text{ци}} = \frac{T_{\text{Еі}}}{t_{\text{р\delta}} \times q}, \quad (5.18)$$

де

$T_{\text{Еі}}$ — трудомісткість етапу (стадії), люд.-год.;

$t_{\text{р\delta}}$ — тривалість робочого дня, год (9 годин);

q — кількість працівників, що одночасно беруть участь у виконанні робіт, чол.

Підставивши числові дані, отримаємо виробничий цикл для кожного етапу. Перерахунок тривалості виробничого циклу в календарні дні здійснюється множенням на коефіцієнт 1.4. Отримані дані наведені в таблиці 5.5.

Календарний план робіт виконують з урахуванням максимально можливої паралельності робіт.

На основі таблиці 5.5 будується директивний графік (рис. 5.1.)

Таблиця 5.5 – Календарний план робіт

Найменування стадій (етапів, видів робіт)	Питома вага, %	Трудомісткіс ть етапу, чол • год	Кількість виконавц ів	Тривалість етапу (календарні дні)
1. Опрацювання ТЗ	6,9	36	3	1,86
2. Технічна пропозиція	6,9	36	2	2,8
3. Ескізне проекування	13,8	72	3	3,73
4. Технічний проект	20,7	108	2	8,4
5. Розробка робочої документації	24,1	126	1	19,6
6. Виготовлення дослідних зразків	10,3	54	3	2,8
7. Контрольно- випробувальні роботи	6,9	36	3	1,86
8. Оформлення та коригування технічної документації	10,3	54	3	2,8
Разом:	100	522		43,8

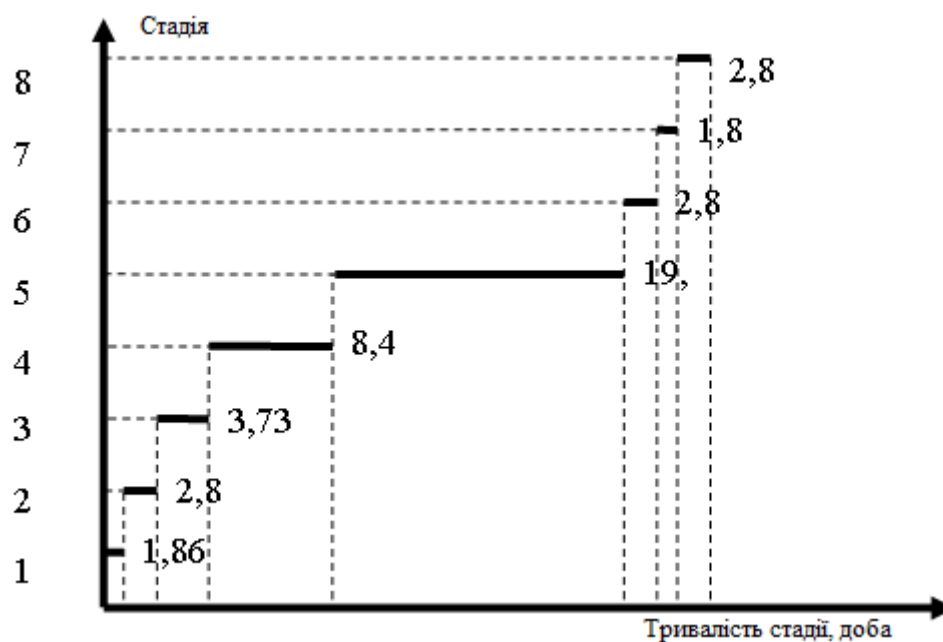


Рисунок 5.1 – Директивний графік

Висновки до розділу

Проведений економічний розрахунок показав, що розробка електронної системи виявлення перешкод економічно доцільна. Корисний економічний ефект від впровадження нового пристрою становить 1190,25 грн. в рік, а рівень економічної ефективності - 0,22, що дозволяє досягти окупності виробу через 4,5 роки.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному дипломному проєкті розробляється електронна система виявлення перешкод.

Виробництво друкованих плат проходить в цеху розмірами 6×6 м з висотою стель 3 м об'ємом 108 м^3 , в приміщенні 1 робоче місце, постійно працює 1 людина. У приміщенні розташований свердлильно-фрезерний верстат РМ-600 фірми INEX, стіл зі скло текстолітовими заготовками для фрезерування, шафки робітників.

Виробництво друкованих плат для системи виявлення перешкод складається з наступних операцій:

- розкрої фольгованого склотекстоліту на заготовки;
- попередньому фрезеруванні і свердлінні заготівлі;
- механічної пост обробки;
- виготовленні фоторезистної маски;
- формуванні провідників;
- нанесенні захисної маски;
- контролі якості друкованої плати.

У розглянутому приміщенні виконується фрезерування і свердління заготовок на верстаті СМ-600. За верстатом працює один робітник, який встановлює заготовку у верстат, орієнтуючи її по напрямних, запускає процедуру обробки, потім витягує заготівлю, обтрушує і направляє на подальше виробництво.

Верстат СМ-600 працює від трифазного живлення 380 В, має габарити $3 \times 2,5$ м і потужність 2 кВт. Верстат управляється контрольною ЕОМ типу ІВМ РС (напруга живлення 220 В, потужність 300 Вт).

Для захисту від тирси, одержуваних в процесі свердління заготовок, передбачена захисна кришка, що закриває робочу область верстата. У нижній

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		96

частині верстата розташований лоток для збору тирси, який періодично очищається. Кожна отримана заготівля обтрушується робочим в спеціальне відро для тирси. Розміри тирси 0,1-1 мм, суспензія тирси в повітрі відсутній.

6.1. Аналіз умов праці

Мікроклімат

Класифікуємо роботи, що проводяться відповідно до ГОСТ 12.1.005-88. Виходячи з описаної процедури роботи, обсягу операцій, які повинен виконувати робочий, можна припустити, що інтенсивність енерговитрат організму людини відповідає категорії Іб, тобто така діяльність передбачає роботи, вироблені стоячи, сидячи, пов'язані з ходьбою або з деяким фізичним напруженням. Інтенсивність енерговитрат лежить в діапазоні 121-150 ккал / год (140-174 Вт).

Оптимальні величини показників мікроклімату на робочих місцях, що відповідають вимогам ГОСТ 12.1.005-88, наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Оптимальні величини показників мікроклімату на робочих місцях

Період року	Показники		
	Оптимальна температура повітря	Оптимальна відносна вологість повітря	Оптимальна швидкість руху повітря
Холодний	21—23 °С	60—40%	0,1 м/с
Теплий	22—24 °С	60—40%	

Обробка заготовки проводиться в закритому опалювальному приміщенні з температурою повітря 20-23 ° С, відповідно ГОСТ 12.1.005-88.

Система кондиціонування, якою оснащено робоче приміщення, підтримує вологість повітря 40-60% і швидкість руху повітря 0,1 м / с, відповідну ГОСТ 12.1 005-88.

ГОСТ 12.1 005-88 також нормує інтенсивність теплового опромінення відповідно до якого теплове опромінення від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, і т. д. на постійних і непостійних робочих місцях не повинна перевищувати 35 Вт / м² при опроміненні 50% поверхні тіла і більше, 70 Вт / м² при величині опромінюваної поверхні від 25 до 50% і 100 Вт / м² при опроміненні не більше 25% поверхні тіла.

Шум

ГОСТ 12.1.003-88 ССБТ «Шум. Вимоги безпеки» встановлює рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях виробничих підприємств в залежності від тяжкості та напруженості праці в діапазоні частот 31,5-8000 ГЦ. ГОСТ 12.1.003-88 ССБ встановлює максимальний рівень шуму для виробничого приміщення в 80 дБ · А.

Джерелом шуму в цеху є свердлильно-фрезерний верстат РМ-600. Рівень шуму в цеху становить 85 дБ · А і не відповідає вимогам ГОСТ 12.1.003-88 ССБТ. Для захисту від шуму в приміщенні застосовується звукоізоляція.

Вібрація

Згідно СН 2.2.4 / 2.1.8.566-96 «Виробнича вібрація, вібрація в приміщеннях житлових і громадських будівель» вібрація, що передається робочому цеху, можна кваліфікувати за способом передачі як загальну вібрацію, що передається через опорні поверхні на тіло людини, що сидить або стоїть.

За джерелом виникнення можна класифікувати вібрацію як загальну вібрацію 3 категорії – технологічну вібрацію, що впливає на людину на робочих місцях стаціонарних машин чи передається на робочі місця, які не

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		98

мають джерел вібрації, підтипу "а" - вібрації на постійних робочих місцях виробничих приміщень підприємств.

За характером спектра, вібрація широкосмугова (з безперервним спектром шириною більше однієї октави).

За частотним складом вібрація середньо частотна (8-16 Гц для загальних вібрацій, 31,5-63 Гц для локальних вібрацій).

На робочому місці оператора верстата СМ-600 значення віброшвидкості і віброприскорення для частоти 10 Гц 1/3 октави 82 дБ і 80 дБ відповідно, а для частоти 80 Гц 1/3 октави 85 дБ і 82 дБ, що задовольняє вимогам СН 2.2.4 / 2.1.8.566-96.

Виробниче освітлення

Безпека здоров'я людей в таких умовах, а також ефективне виконання випробувальних робіт багато в чому визначаються освітленістю робочих місць. Норми освітленості регламентуються СНіП 23-05-95 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування» і визначаються розрядом зорової роботи, коефіцієнтом відображення фону і контрастом об'єкта розрізнення з фоном.

Зорові роботи класифікуються по дев'яти розрядам. Перші шість розрядів визначаються розміром об'єкта розрізнення (від I (розмір об'єкта розрізнення не менше 0,15 мм) до VI (розмір об'єкта розрізнення більше 5 мм)), наступні три розряди - VII, VIII, IX - не враховують розміри об'єкта розрізнення, оскільки до них відносяться роботи, можуть бути використані лише загального спостереження за ходом процесу, а також роботи за об'єктами.

Робочі поверхні, що є фоном, на якому об'єкт візуально виявляються і розпізнаються, за коефіцієнтом класифікуються їх відбитки на три групи: темні (коефіцієнт відбиття менш 0,2), середні (коефіцієнт відбиття від 0,2 до 0,4) і світлі (коефіцієнт відображення більше 0,4). Контраст - до об'єкта спостереження з фоном вважається малим при $K < 0,2$, середнім при $0,2 \leq K \leq 0,5$ і великим при $K > 0,5$.

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
						99
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

У нашому випадку робочому потрібно поєднувати заготовлю відповідно до напрямних, на які нанесена міліметрова шкала, розряд зорової роботи класифікуємо як IV (розмір об'єкта розрізнення від 0,5 мм до 1 мм), фон розрізнення середньої світлості, контраст об'єкта з фоном середній. Для такого класу роботи освітленість повинна бути 400 ЛК. Для задоволення вимог СНіП 23-05-95 робоче місце біля верстата оснащено лампами денного світла з покращеною передачею кольору. Крім штучного світла, робочі місця освітлюються природним світлом через вікна. Освітленість робочого місця становить 500 ЛК, що задовольняє вимогам СНіП 23-05-95.

Ергономічні чинники

Робочий більшу частину часу перебуває в стоячому положенні, в процесі роботи натискає кнопки, розташовані на верхній панелі верстата під кутом 45 градусів щодо заснування. Коробки з заготовками лежать на столі висотою 80 см, стіл розташований у безпосередній близькості до верстата. Для відпочинку робочого передбачений стілець зі спинкою і регулюванням висоти. Розмір робочого простору 2 × 3 м.

Організація робочих місць задовольняє ГОСТ 12.2.033-78.

Для полегшення перенесення матеріалів підприємство має спеціальні складські приміщення, оснащені стелажми і підйомно-транспортними засобами.

Виробництво має також побутові приміщення: роздягальні і душову.

6.2. Характеристика приміщення

Електробезпека

Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) поширюються на знову споруджувані і реконструйовані електроустановки постійного і змінного струму напругою до 750 кВ, і деякі спеціальні електроустановки.

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
						100
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

Згідно ПУЕ за небезпекою ураження електричним струмом людей розрізняють наступні категорії приміщень:

Таблиця 6.2 – Категорії приміщень

Категорія приміщення	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) у приміщенні
1	Приміщення без підвищеної небезпеки, в яких відсутні умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку.
2	Приміщення з підвищеною небезпекою, характеризуються наявністю в них однієї з наступних умов, що створюють підвищену небезпеку: вогкість або струмопровідний пил; струмопровідні підлоги (металеві, земляні, залізобетонні, цегляні і т.п.); висока температура; можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій будівель, у яких з'єднання з землею, технологічним апаратам, механізмам і т.п., з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання (відкритих провідних частин), з іншого.
3	Особливо небезпечні приміщення, характеризуються наявністю однієї з наступних умов, що створюють особливу небезпеку: особлива вогкість; хімічно активне або органічне середовище; одночасно дві або більше умов підвищеної небезпеки.
4	Територія відкритих електроустановок, яка у відношенні небезпеки поразки людей електричним струмом прирівнюється до особливо небезпечних приміщень.

Згідно наведеній таблиці, цех, що розглядається відноситься до 1 категорії по небезпеці поразки людей електричним струмом.

У цеху прокладено і використовується мережу напругою 380/220 В, трифазна чотирипровідна з глухозаземленою нейтраллю. Всі металеві частини обладнання, світильників, кронштейни, сталеві труби, каркаси шаф і т. п., не перебувають під напругою, але мають можливість опинитися під

напругою внаслідок порушення ізоляції, занулені металевим з'єднанням з нульовим захисним провідником.

Пожежонебезпека

ГОСТ 12.1.004-91 встановлює методику визначення категорій приміщень і будівель (або частин будівель між протипожежними стінами - пожежних відсіків) виробничого і складського призначення з вибухопожежною та пожежною небезпекою в залежності від кількості та властивостей речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) в них з урахуванням особливостей технологічних процесів розміщених в них виробництв, а також методики визначення категорій зовнішніх установок виробничого і складського призначення за пожежною небезпекою.

Згідно ГОСТ 12.1.004-91 досліджуване приміщення можна віднести до групи Д, в ньому не містяться горючі речовини. У приміщенні присутні вогнегасники і план евакуації на випадок пожежі, робітникам пояснюється техніка безпеки перед початком роботи.

6.3. Розробка інструкції по техніці безпеки при експлуатації виробу

Для запобігання ураження працівника електричним струмом та виходу приладу з ладу необхідно дотримуватися певних правил експлуатації приладу. Техніка безпеки при експлуатації:

Забороняється експлуатувати пристрій при розібраному корпусі. Це може призвести до короткого замикання та пошкодження елементів схеми.

При ремонті пристрою необхідно використовувати антистатичний браслет, для запобігання пошкодження мікросхем статичною електрикою.

Забороняється живити прилад від джерела живлення напруга, якого перевищує максимальну допустиму напругу живлення (220В),

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
						102
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

Не слід підлягати пристрій надмірним механічним навантаженням. Це може призвести до пошкодження елементів конструкції (корпусу).

Перед експлуатацією пристрою необхідно ознайомитися з правилами експлуатації приладу.

При не виконанні цих вимог зменшується термін експлуатації системи виявлення перешкод.

Висновки до розділу

У межах розділу розкрито основні положення з охорони праці при розробці та експлуатації електронної системи виявлення перешкод.

Описано умови праці та основні шкідливі чинники. Здійснено розробку інструкції по техніці безпеки при експлуатації виробу.

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
						103
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У межах даної дипломної роботи здійснено розробку та проектування електронної системи виявлення перешкод на базі мікроконтролера Arduino Pro Mini та ультразвукового далекоміра Ultrasonic ranging module HC-SR04.

Розроблений макет може заряджатися від сонячної енергії за допомогою встановленої на ньому сонячної панелі. Сама програма системи передбачає виконання команд мікроконтролера. Для виявлення перешкод використовується ультразвуковий далекомір. Також встановлені фоторезистори, використовувані мікроконтролером для пошуку найбільш освітленої області приміщення, наприклад, для того, щоб зарядити акумулятори, системі потрібно сонце.

Оснащення набором сенсорів дає можливість побудови не коректованих ззовні систем управління, структурно аналогічних систем управління, які виконують важливі прикладні задачі.

З цих результатів випливає ряд висновків, важливих для проектування систем, що включають в себе ультразвукові вимірювачі відстаней:

- використання ультразвукових вимірювачів відстані без використання додаткової підтримки виправдано тільки у випадку, якщо умови роботи системи чітко обумовлені (що відображає здатність об'єктів, межі вимірювання відстані до них);

- використання вимірників у динамічно мінливих умовах роботи без додаткової підтримки не гарантує отримання заявлених результатів. Подібна ситуація має місце, зокрема, при використанні робототехнічних комплексів і систем у польових умовах. Однак, залежність параметрів від умов роботи в рівній мірі властива іншим типам вимірювачів відстані (відео, лазерні). Звідси випливає, що використання ультразвукових датчиків в даному застосуванні доцільно використовувати спільно з іншими типами вимірювачів відстані. Це дозволяє компенсувати розбіжності у можливостях датчиків і забезпечити запас надійності системи в цілому;

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
						104
Змн	Арк	№ докum.	Підпи	Дат		

— виходячи з вищесказаного, представляє інтерес визначення оптимальних комбінацій типів датчиків для використання в мобільних системах, а також оптимальних способів їх комбінування.

Разом з тим, отримані результати підтвердили працездатність запропонованих схемотехнічних і програмних рішень, що дозволило перейти до натурних випробувань розробленого модуля.

Відповідно до розрахунку електронна система виявлення перешкод має технологічну конструкцію.

Проведений економічний розрахунок показав, що розробка електронної системи виявлення перешкод економічно доцільна. Корисний економічний ефект від впровадження нового пристрою становить 1190,25 грн. в рік, а рівень економічної ефективності - 0,22, що дозволяє досягти окупності виробу через 4,5 роки.

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
						105
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Di Halt Учебник по микроконтроллерам AVR для начинающих – Издательство: <http://dihalt.ru/>, 2008. – 574 с.
2. Белов А. В. Микроконтроллеры AVR в радиолюбительской практике – СПб: «Наука и Техника», 2007. – 339 с.
3. Шпак Ю. А. Программирование микроконтроллеров на языке СИ. – К.: «МК-Пресс», СПб.: «КОРОНА-ВЕК», 2011. – 544 с.
4. Белов А. В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб.: Наука и Техника, 2010. – 528 с.
5. Datasheet // Atmel Corporation [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: http://www.atmel.com/images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p_datasheet_complete.pdf – Date of access: 25.12.2016.
6. Datasheet // NXP Semiconductors [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT165.pdf. – Date of access: 25.12.2016.
7. Datasheet // NXP Semiconductors [Electronic resource]. – 2016. – Mode of access: https://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT595.pdf. – Date of access: 27.12.2016.
8. Боранбаев М. С., Андреева Т. В., Римап О. Д. Разработка робота для транспортировки малогабаритных объектов на базе микроконтроллера AVR // Молодой ученый. – 2016. – №11. – С. 277-286.
9. Девятериков Е. А., Михайлов Б. Б. Алгоритм автоматического возвращения мобильного робота по данным визуального одометра // Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника». – СПб: Изд-во «Политезника-сервис». 2016. – 416 с.
10. Гемуев Ш. Ш., Михайлов Б. Б. Разработка алгоритма выделения маршрута для мобильного робота // Труды международной научно-

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		106

технической конференции «Экстремальная робототехника». – СПб: Изд-во «Политезника-сервис». 2016. – 416 с.

11. Кий К. И., Серединский М. В.. Система технического зрения робота «Амур» для движения на ориентиры // Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника». – СПб: Изд-во «Политезника-сервис». – 416 с. Resources and Technology 10 (1): 1-10. – 2013 ISSN 2307-0048 <http://rt.petrstu.ru> 126

12. Герасюто С. Л., Прокопович Г. А., Сычёв В. А. Построение навигационной карты внутри помещений по величине магнитного поля земли MEMS сенсором мобильного робота // Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника». – СПб: Изд-во «Политезника-сервис». – 2016. – 416 с.

13. ATMEGA2560: 8-bit Microcontroller with 250-Kbytes self-programming Flash Program Memory. Datasheet. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.atmel.com/Images/doc2549.pdf> (дата обращения: 25.11.2016)

14. Newbie's guide to setting up and using the MultiWii Board. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uploads/189478565X846863X3.pdf?aff=321907> (дата обращения: 25.12.2016).

15. Ultra Sonic range measurement module. [Электронный ресурс]. URL: http://www.seeedstudio.com/wiki/index.php?title=Ultra_Sonic_range_measurement_module (дата обращения: 27.12.2016).

16. GP2Y0A21YK0F datasheet. [Электронный ресурс]. URL: http://www.sharpsma.com/webfm_send/1489 (дата обращения: 27.12.2016).

17. Джон Ловин «Создаем робота-андроида своими руками»: ДМК-Пресс, 2007 – 266 с.

18. Интернет ресурс: http://www.cqham.ru/pow33_9.htm. Зарядка аккумуляторов с помощью солнечных батарей.

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		107

19. Александров В. А., Меркурьев И. В. Динамический оптический дальномер, применяемый для навигации мобильного робота. – ЦНИИ «Электроприбор»: Гироскопия и навигация, № 2. – 2006. – стр. 94.
20. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 453 с.
21. Кечиев Л.Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры, ИДТ, Москва, 2007. – 344 с.
22. Парфенов Е.М., Камышная Э.Н., Усачев В.П. Проектирование конструкций РЭА, Радио и связь, 2000. – 384 с.
23. Медведев А.М. Печатные платы. Конструкции и материалы – М.: Техносфера, 2005. – 376 с.
24. Ланин В.Л., Емельянов В.А., Хмыль А.А. Проектирование и оптимизация технологических процессов производства электронной аппаратуры. Мн.:БГУИР, 2008.
25. Горлов М.И., Емельянов А.В., Плебанович В.И. Электростатические заряды в электронике. Минск, 2006. – 547 с.
26. Исаев И.И. Государственная приемка продукции – М.: Издательство стандартов, 2008. – 384 с.
27. Хорват Т., Берта И. Нейтрализация статического электричества / Пер. с англ. М., 2007. – 387 с.

ДОДАТОК А

Текст підпрограми модуля початкового мікроконтролера
ультразвукового вимірювача дальності

```
#include "p18F458.h"
#include <can2510.h>
#include <string.h>

#pragma config OSC=ECIO
#pragma config OSCS = OFF
#pragma config WDT = OFF
#pragma config LVP = OFF

void CANconfig(void) {
    Can2CAN=CAN2510Init(CAN2510_RESET & CAN2510_CLKOUT_OFF &
        CAN2510_RXB0_STDMSG & CAN2510_RXB0_STDMSG,
        CAN2510_BRG_4x, CAN2510_RXB0_EN & CAN2510_RXB1_EN,
        CAN2510_SPI_FOSC4, CAN2510_SPI_MODE00, CAN2510_SPI_SMPMID);
    Can2CAN=CAN2510Init(CAN2510_RESET & CAN2510_CLKOUT_OFF &
        CAN2510_RXB0_STDMSG & CAN2510_RXB0_STDMSG,
        CAN2510_BRG_32x, CAN2510_RXB0_EN & CAN2510_RXB1_EN,
        CAN2510_SPI_FOSC4, CAN2510_SPI_MODE00, CAN2510_SPI_SMPMID);
    початкові налаштування
    if (Can2CAN==0) { //якщо вдалося запустити його
        Can2CAN=CAN2510SetMsgFilterStd(CAN2510_RXB0, 0xffff, mask0);
        Can2CAN=CAN2510SetMsgFilterStd(CAN2510_RXB1, 0xffff, mask0);
        CAN2510SetBufferPriority(CAN2510_TXB0, CAN2510_PRI_HIGH);
        CAN2510SetMode(CAN2510_MODE_NORMAL);
    }
}

void setup(void){
    ADCON0bits.ADON=0; //викл АЦП
    ADCON1=6;
    CANCON=0x30;
    CMCON=7;
    TRISB=255; //вкл вхід INT
    TRISC=0xE2;
    TRISD=0xFF;
    TRISEbits.TRISE0=0;
    TRISEbits.TRISE2=0;
```

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		109

PORTC=0;

//налаштування таймера 1

T1CON=0x35;

T3CON=0x9D;

//Налаштовуємо переривання

RCONbits.IPEN=1; //Дозволити систему пріоритетів

INTCON2bits.INTEDG0=0; //дозвіл переривань і встановлення пріоритетів для CAN-а.

INTCONbits.INT0IE=0;

IPR1bits.TMR1IP=1; //високий пріоритет переривання таймера 1

PIE1bits.TMR1IE=1; //дозволити переривання від таймера 1

PORTBbits.RB1=0; //початковий стан ліній контролера CAN

//PORTBbits.RB2=0;

mask0[0]=2;

mask0[1]=0;

mask0[2]=0;

mask0[3]=0;

CANconfig();

INTCONbits.GIEH=1; //Дозволяємо переривання високорівневі

INTCONbits.GIEL=1; //Дозволяємо переривання низькорівневі

}

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
						110
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

ДОДАТОК Б

Текст підпрограми модуля таймера циклічних вимірювань програми модуля ультразвукового вимірювача дальності

```
void InterruptHandlerLow(void);  
void InterruptHandlerHigh(void);
```

```
void MeasureCycle(unsigned char channel);
```

```
#pragma code InterruptVectorHigh=0x08 //це виконається на  
високопріоритетному перериванні  
void InterruptVectorHigh(void) {  
_asm  
goto InterruptHandlerHigh //там основний обробник  
_endasm  
}
```

```
void MeasureCycle(unsigned char channel)  
{  
PORTEbits.RE0=channel; //вибираємо робочий канал  
PORTCbits.RC0=1; //запуск послідовності імпульсу і початку вимірювань  
PORTCbits.RC0=0;  
}
```

```
#pragma code  
#pragma interrupt InterruptHandlerHigh //основний обробник  
void InterruptHandlerHigh() {
```

```
if (INTCONbits.INT1IF) {  
PORTEbits.RE2=1; //читаємо дані з ПЛІС  
HiDist4=PORTD; //спочатку старший байт  
PORTEbits.RE2=0;  
LoDist4=PORTD; //потім і молодший
```

```
INTCONbits.INT1IF=0;  
}  
if (PIR1bits.TMR1IF) {  
MeasureCycle(0);  
PIR1bits.TMR1IF=0;  
}
```

					ЗДП7.05080201.041.0XX ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		111